



(11) FREMLÆGGELSESSKRIFT 141987

DANMARK

(51) Int. Cl.³ B 01 D 21/00



(21) Ansøgning nr. 4092/70 (22) Indleveret den 10. aug. 1970

(23) Løbedag 10. aug. 1970

(44) Ansøgningen fremlagt og
fremlæggelsesskriftet offentliggjort den 4. aug. 1980

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(30) Prioritet begæret fra den
—

(71) GUNNAR HARALD WEIJMAN-HANE, Vikingsbergsvaegen 4, Malmoe, SE.

(72) Opfinder: Samme.

(74) Fuldmægtig under sagens behandling:
Patentagentfirmaet Magnus Jensens Eftf.

(54) Pladeseparator til sedimentering af partikler fra en væske.

Den foreliggende opfindelse angår en pladeseparator til sedimentering af partikler fra en væske og af den i krav 1's indledning angivne art.

Der kendes forskellige typer af sedimenteringsanlæg i form af bassiner, hvori er anbragt skråtstillede plader eller lameller. Ved den pladeseparator, der kendes fra beskrivelsen til SE-PS 199.310, tilføres en suspension til sedimenteringstankens øvre del, og strømmingen sker således oppe fra og nedad samt atter opad. Væsken strømmer om lamellerne og passerer gennem indløbsåbninger mellem lamellerne, medens det sedimenterede slam af-

går gennem separate afløbsåbninger. Da det sedimenterede slams overflade ligger i samme eller noget lavere niveau end udløbskanalens åbning, kan væskestrøm og slamstrøm skære hinanden, hvilket indebærer, at slampartikler hvirvles op med en mindsket sedimenteringseffekt til følge.

Der er også i beskrivelsen til DE-PS 969.293 anvist en konstruktion, hvor sedimenteringen skal ske i et antal hældende rør, hvor hvert glideplan udgøres af et delcylindrisk parti, og slamaflejringen har cirkelafsnitformet tværsnit. I forhold til sedimenteringsanlæggets totale volumen er de rørlignende lamellers sedimenteringsflader væsentligt mindre end ved anlæg med skråtstillede, plane eller bølgede plader. Ved denne anordning er ved rørenes nedre ende anbragt en fast skillevæg, som har til opgave at adskille den indkommende suspension fra den udgående slamstrøm. Skillevæggen er vinkelret på rørene, hvilket indebærer, at rørenes største hældningsvinkel ikke kan overstige 34° , da ellers udstrømningen af slammet vanskeliggøres.

Ved den konstruktion, der kendes fra beskrivelsen til FR-PS 1.098.155 udgøres lamellerne af perforerede, bølgeformede plader eller af smalle stave, hvis tværsnit eventuelt er buet. Lamellerne er anbragt med nogen indbyrdes afstand, således at en spalte dannes mellem dem. Med denne type lameller er det helt umuligt at opnå en laminar væskestrømning, således at de for sedimentering af meget lette partikler nødvendige forudsætninger savnes. Strømningen er i øvrigt i det væsentlige vandret.

For at øge sedimenteringskapaciteten med bibeholdelse af høj sedimenteringsgrad og uforandret eller endog mindre volumen end ved kendte lamelsedimenteringsanlæg er det af stor vigtighed, at væskestrøm og slamstrøm ikke skærer hinanden, at væskestrømmen er fordelt så jævnt som muligt over lamelfladen, samt at væskestrømmen inden for de forskellige lamelfag kan styres.

Dette opnås ved det anlæg, som kendes fra svensk fremlægelseskrift nr. 340.612.

Ifølge fremlægelseskriftet tilføres væsken centralt via et rør til en på sedimenteringsbassinets bagside anbragt kasse eller skuffe. Vandet vil således ved overgangen fra røret til denne bageste kasse gennemgå en første retningsændring, hvorefter

ter vandet styrter ned og fordeles til sideskufferne, hvorved i overgangen fra den bageste skuffe til sideskufferne vandet atter må gennemgå en retningsændring. I sedimenteringssammenhæng er enhver retningsændring ubejlig, da sedimenteringspartiklerne sønderslås til små enheder i direkte modstrid med det, man ønsker, fordi små partikler har vanskeligere ved at sedimenteres end større agglomerater af partikler. Sedimenteringseffekten har da også vist sig at være ringere ved denne type af væsketilførsel. En ulempe med perforerede rør i hver lamelskuffe er, at afstanden mellem lamellerne begrænses af rørets tykkelse plus den nødvendige afstand til nærmeste lamel, hvilket indebærer, at lamelafstanden bliver større og sedimenteringseffekten pr. volumenenhed mindre. Endvidere er risikoen for tilstopning af rørenes huller stor, og de er, på grund af placeringen på rørundersiden, vanskelige at rengøre. En tredje ulempe er vanskeligheden ved at rengøre lamellerne, hvilket skal ske med jævne mellemrum, hvorved det kan forekomme, at hver enkelt lamel må børstes ren for fastsiddende aflejringer.

Alle disse ulemper undgås ifølge den foreliggende opfindelse ved den udformning af pladeseparatoren, som er anvist i krav 1.

Ved den i krav 2 anviste udførelsesform opnås ved sedimentering af meget partikelrige væsker, såsom spildevand, at en væsentlig del af de grovere partikler kan passere gennem spalten uden at krydse væskestrømmene, som passerer gennem indløbsåbningerne på vej op gennem de enkelte celler til opsamlingskanalerne. Den skrånende bund letter slammets forskydning langs slamlommens sider.

Ved den i krav 3 anviste udformning hindrer sidelamellerne ved partikelrige væsker, at slammet forskydes i sideretningen til næste celle.

Ved den i krav 4 anviste udformning opnås en konstruktiv forenkling og dermed en billiggørelse.

Opfindelsen skal i det følgende forklares nærmere i forbindelse med tegningen, hvor

fig. 1 viser en sedimenteringsanordning ifølge opfindelsen i perspektiv og delvis gennemskåret,

fig. 2 et snit gennem anordningen,

fig. 3 et snit gennem et anlæg omfattende flere af de i

fig. 1 viste sedimenteringsanordninger,

- fig. 4 i perspektiv en del af en ændret udførelse af anordningen,
- fig. 5 i større målestok et snit gennem to lameller i anordningen, og
- fig. 6 en grafisk repræsentation af områderne for stabil og laminar strømning ved forskellige værdier af lamell-længde og -afstand.

Sedimenteringsanordningen ifølge opfindelsen omfatter en kasseformet beholder 1, bestående af fire sidevægge 2,3,4 og 5, hvilken beholder i sine nedre dele går over i en tragtformet slamlomme 6 med en slamudtømningsanordning i form af en ventil 7 eller lignende. I beholderen er anbragt et antal skråtstillende lameller 8, der med en vandret plan danner en vinkel, som for opløst slam ikke bør være mindre end 50° . Lamellerne er således forbundet med de lodrette sidevægge 3 og 5, at ingen nævneværdig væskemængde kan passere fra det ene lamelfag 9 til nabofag. På ydersiden af beholderens 1 sidevægge 3 og 5 er anbragt hver sin fordelerkasse 10, hvis bund 11 befinder sig på højde med lamellernes 8 nedre kant. Fordelerkasserne 10 står i forbindelse med lamelfagene 9 gennem et antal indløbsåbninger 12 beliggende ved hver lamels 8 underste del på den side af lamellen, som danner en spids vinkel med vandret. Indløbsåbningerne 12 optager kun en del af den totale bredde mellem to lameller.

Væskestrømmens hastighed i fordelerkasserne 10 er i det væsentlige af samme størrelse ud for en og samme lamel, således at væskestrømmen gennem de to over for hinanden beliggende indløbsåbninger 12 er i det væsentlige lige store, og en væsentlig del af den energi, væskestrømmene indeholder, forbruges, når de to strømme mødes midt på lamellen.

Fordelerkasserne 10 er omkring halvt så høje som lamellerne og er foroven direkte tilsluttet hver sin opsamlingskanal 14, der strækker sig i hele beholderens 1 bredde. Opsamlingskanalernes 14 udløbsåbning 16 er beliggende modsat den side af beholderen 1, hvor indløbet 13 for sedimenteringsvæsken findes. Kasserne 10 og kanalerne 14 danner tilsammen en langs sidevæggen 3 henholdsvis 5 gående kasse med konstant tværsnit. Ved at kassen 10 og kanalen 14 er adskilt ved hjælp af et skråt tag henholdsvis bund 17, opnås en passende udformning med hensyn til i længderetningen mindsket henholdsvis øget væskestrøm. Beholderens 1 sidevægge 3 og 5 er knapt så høje som sidevæggene 2 og 4 og de hertil sluttende sidevægge for opsamlingskanalerne 14. Sidevæggenes 3 og 5 øvre kant 15, som således er beliggen-

de på et lavere niveau end lamellernes øvre kant, udgør et overfald eller overløb mod den pågældende opsamlingskanal 14.

I fig. 3 er vist et sedimenteringsanlæg bestående af flere parallelkoblede, sammenbyggede anordninger, hvorhos to naboanordninger har fælles fordelerkasse 10 og opsamlingskanal 14. Opsamlingskanalerne 14 kan på beholderforsiden være forbundet med en forbindelseskanal 18, som afleder den rensede væske til en transportkanal 19. Sedimenteringsanordningen kan udformes i passende modulsystem passende for industriel fremstilling. Anordningens indre dele kan udformes af plastplader eller lignende materiale med en overfladestruktur, som giver lille friktion. Den ydre del af anordningen kan udføres af plader, som tåler det indre væsketryk, eller anordningen kan indbygges i en betonbeholder. I sidstnævnte tilfælde udgøres slamlommen af betonkonstruktionen og lamellerne med ind- og udløbskanaler monteres med kasserne som bærende konstruktioner. Slamlommen kan naturligvis være fælles for flere sedimenteringsanordninger.

Aftapning af slam fra lommen 6 kan ske kontinuerligt eller intermitterende og hensigtsmæssigt styres automatisk af et ur eller en niveaumåler.

Den i forbindelse med fig. 1-3 beskrevne anordning fungerer på følgende måde:

Den omstændighed, at indløbsåbningerne 12 er beliggende på den side af lamellerne, som danner en spids vinkel med vandret, altså lamellernes underside, medfører at den indkomne væskestrøm på grund af tæthedsforholdene følger denne side og således ikke skærer slamstrømmen som på grund af større tæthed søger at følge den side af lamellerne, som danner en stump vinkel med vandret. Dette forhold, at væskestrømmen ikke skærer slamstrømmen, er af grundlæggende betydning for opnåelse af en effektiv sedimentering. Hvis nemlig de to strømme skærer hinanden, vil der ske en suspensering af allerede sedimenteret slam. Ved modstrømsprincippet opnås en meget stabil strømning samtidig med, at laminær strømning sikres.

At de tilførte væskestrømme i hvert lamelfag indkommer i samme niveau er rettede mod hinanden og vinkelret på den opadgående væskestrøm bidrager, sammen med at udløbet sker ved lamelfagenes sidevægge, til en jævn fordeling af væskestrømmen over størstedelen af lamelbredden, uden at komplicerede fordelingsanordninger er påkrævet.

Den i fig. 1 viste modifikation består i, at fordelerkasserne 10 bund skråner ind mod beholdersidevæggene 3 og 5 således, at i kasserne sedimenteret slam kan glide ned til den underliggende

slamlomme 6. For partikelrige suspensioner, hvor en stor del af slam-partiklerne har høj synkehastighed, kan en betydelig forsedimentering ske allerede i fordelerkasserne. Fordelerkassernes skrå bund 11a slutter derfor ikke til sidevæggene 3,5 men går under disse, hvorved der dannes en spalte 24 mellem beholderen 1 og fordelerkasserne 10, gennem hvilken spalte sedimenteret slam kan passere ned i slamlommen. Lamellerne 8 går ved den i fig. 4 viste udformning ikke helt ned til sidevæggene 3 og 5 underkant. Den vandrette væskestrøm i fordelerkasserne begrænses til rummet over indløbsåbningerne 12 ved hjælp af sidelameller 25, der er helt fritstående, som i øvrigt udgør en forlængelse af hovedlamellerne 8. Fordelerkasserne 10 står i forbindelse med lamelflagene 9 via et antal indløbsåbninger 12, der er beliggende som anført i forbindelse med fig. 1-3 og optager, afhængigt af væskestrømmens partikelkoncentration, en større eller mindre del af den totale bredde mellem to lameller.

Fordelerkassernes skråbund udformes hensigtsmæssigt sådan, at fordelerkasser, som er beliggende mellem to sedimenteringsbeholdere, har det højeste parti i midten af fordelerkassen, hvorved bunden ensartet skråner mod begge kassens underkanter, medens bunden i en fordelerkasse, som alene betjener én beholder, har sit højeste punkt ved den længst fra sedimenteringsbeholderen beliggende side og skråner mod kassens nærmest beholderen beliggende bundkant. Slamlommen 6 er ved et sådant arrangement hensigtsmæssigt fælles for samtlige sedimenteringsbeholdere.

Det fysiske forløb ifølge den foreliggende opfindelse karakteriseres jvf. fig. 5 af en opadgående væskestrøm a, som følger lamellens 8 bagside, en sedimenteret slamstrøm c, som følger lamellens 8 bagside, en sedimenteret slamstrøm c, som følger lamellens 8" forside, samt derimellem en partikelrig væskestrøm b, som bevæger sig nedad.

For væskestrømme med lav partikelkoncentration, eksempelvis ved kemisk fældning af overfladevand eller efterfældning af biologisk rensset overfladevand kan det med god tilnærmelse antages, at den partikeltransporterende væskestrøm udfylder hele lamelfaget og således har en middelhastighed V_v , hvor

$$V_v = \frac{q}{S \sin \alpha}$$

idet q er den i hvert lamelfag per tidsenhed gennemløbne væskemængde, S er afstanden mellem to nabolameller og α lamellernes vinkel med vandret. I ovenstående og de følgende indtryk er lamelbredden sat lig med 1 meter.

Den transporterede væskemængde har en lodret hastighedskomponent

$$V_{vy} = V_v \sin \alpha = \frac{q}{S}$$

og en vandret hastighedskomponent

$$V_{vx} = V_v \cos \alpha = \frac{q}{S} \cdot \cos \alpha$$

Da den transporterede partikel har en af tyngdekraften fremkaldt lodret synkehastighed V_f , bliver den resulterende synkehastighed i lodret retning

$$\overline{V_{vy}} = \frac{q}{S} - V_f$$

Hvis denne fladebelastningsteori tillempes en partikel med ovenstående hastighedskomponenter, skal partiklen transporteres den vandrette strækning A-B på samme eller kortere tid som den transporteres den lodrette strækning A-B, hvis den skal udskilles fuldstændigt. Denne betingelse medfører, at

$$\frac{Y_a}{V_f} \leq \frac{L}{S} \cos \alpha + 1$$

hvor $Y_a = \frac{q}{S}$ er strømbelastningen på lamelfagets frie vandoverflade og L lamellængden. Dette udtryk viser, at den relative arealbelastning Y_a/V_f vokser direkte proportionalt med lamellængden L og omvendt proportionalt med lamelafstanden S . Ved en given lamellængde skulle således en ubegrænset forøgelse af den relative arealbelastning kunne ske ved nedsættelse af lamelafstanden. Fladebelastningsteorien forudsætter imidlertid laminar strømning. Lamelafstandens indvirkning på den relative arealbelastning må således afvejes med en betingelse som sikrer laminar strømning angivet ved Reynolds tal R .

Sædvanligvis skifter strømartens fra laminar til turbulent strømning ved $R = 500$. Undersøgelser har vist, at for vand indeholdende aluminiumhydroxidfnug skifter strømningsarten ved $R \geq 350$. De fleste konventionelle sedimenteringsbassiner med vandret strømning arbejder med Reynolds tal på 1000 - 25000. Ved lamelsedimentering, hvor man ikke behøver at tage hensyn til slamlejring, er det muligt at arbejde med værdier for Reynolds tal som sikrer laminar strømning. Man angiver heraf følgende sammenhæng:

$$300 = R = \frac{V_v \cdot H}{\alpha} = \frac{Y_a \cdot B}{2 \cdot \alpha (B + S \sin \alpha)}$$

hvor H er den hydrauliske middeldybde, B lamelbredden og α vandrette kinematiske viskositet.

Ved meget små værdier af R bliver strømmingen instabil. Et stabilitetsvilkår kan udtrykkes ved Froudes tal F , som angiver stabil strømning for $F > 10^{-5}$, altså

$$10^{-5} \quad F = \frac{V_v^2}{g \cdot H} = \frac{y_a^2}{g \cdot \sin^3 \alpha} \cdot \frac{2(B + S \sin \alpha)}{B \cdot S}$$

hvor g er tyngdekraftens acceleration.

Ved hjælp af omstående betingelser kan området for stabil og laminar strømning beregnes for forskellige værdier af lamellængden L og lamelafstand S .

I diagrammet i fig. 6 er disse områder beregnet for en partikel med synkehastigheden $V_f = 1$ m/h. Af diagrammet fremgår, at der findes større valgmuligheder i lamelforholdet L/S , uden at strømningens laminaritet eller stabilitet mistes.

For partikelrige suspensioner kan man ikke antage, at den væskeførende sektion er hele lamelbredden. Tilnærmelsesvist kan man antage, at sektionen er lig med den del S' af lamelfagets bredde, som i fagets nedre del ikke optages af slamstrømmen. Man opnår herved følgende udtryk:

$$\frac{y_a}{V_f} \leq \frac{S'}{S} \left(\frac{L}{S} \cos \alpha + 1 \right)$$

hvor forholdet $\frac{S'}{S}$ kan beregnes ved hjælp af kontinuitetsbetingelsen at gennem væskestrømmen per tidsenhed tilført slammængde skal være lig med den per tidsenhed gennem slamstrømmen bortførte slammængde. Man opnår herved udtrykket:

$$\frac{S'}{S} = 1 + \frac{q}{S \cdot V_s} \cdot \frac{C_v}{C_s}$$

hvor V_s er slamstrømmens glidehastighed, C_v er slamkoncentrationen i væskestrømmen og C_s er slamkoncentrationen i slamstrømmen.

P a t e n t k r a v

1. Pladeseparator til sedimentering af partikler fra en væske og omfattende en beholder (1) for væsken flere i beholderen anbragte indbyrdes parallelle og mod lodret hældende lameller (8) på ydersiden af beholderen anbragte fordelerkasser (10) for tilførsel af væske til de fag (9), som dannes mellem to nærliggende lameller, anordninger for afledning af den væske, som forlader fagenes øvre del, samt en under lamellerne beliggende slamlomme (6) for opsamling og bortledning af de af væsken udsedimenterede partikler, k e n d e t e g n e t ved, at der over fordelerkasserne (10) er anbragt opsamlingskanaler (14) beregnet for afledning af væsken, hvilke kasser (10) og kanaler (14) er udformet til at danne beholderens sidevægge (3,5), som bærer lamellerne, hvorhos lamellernes (8) overkant er beliggende højere end sidevæggene (3,5) mellem lamellerne og den respektive opsamlingskanal og indrettet til at danne overløb med faste styringer (åbninger) for væsken inden for de enkelte lamelfag, og at der mellem fordelerkasserne og opsamlingskanalerne findes en skillevæg (17), som skråner i længderetningen, således at tværsnittet i væskens strømningsretning aftager i fordelerkassen (10) og vokser i opsamlingskanalen (14).

2. Pladeseparator ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at fordelerkassernes (10) bund (11) skråner mod lamellerne (8), og at der mellem bunden (11) og den med lamellerne (8) forbundne sidevægs (3 henholdsvis 5) nedre kant findes en spalte (24), gennem hvilken kassens indre står i forbindelse med slamlommen (6).

3. Pladeseparator ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at der i fordelerkasserne ud for lamellerne (8) er anbragt sidelameller (25) med i det væsentlige samme hældning som hovedlamellerne (8) og med en højde i det væsentlige svarende til indløbsåbningerne (12).

4. Pladeseparator ifølge krav 1-3 med flere parallelt koblede og sammenbyggede enheder, k e n d e t e g n e t ved, at to naboenheder har fælles fordelerkasse (10) og opsamlingskanal (14).

Fremdragne publikationer:

Svenske ans. nr. 3935/68 (frml. nr. 340.612)
14894/67 (frml. nr. 330152).

Fig. 1

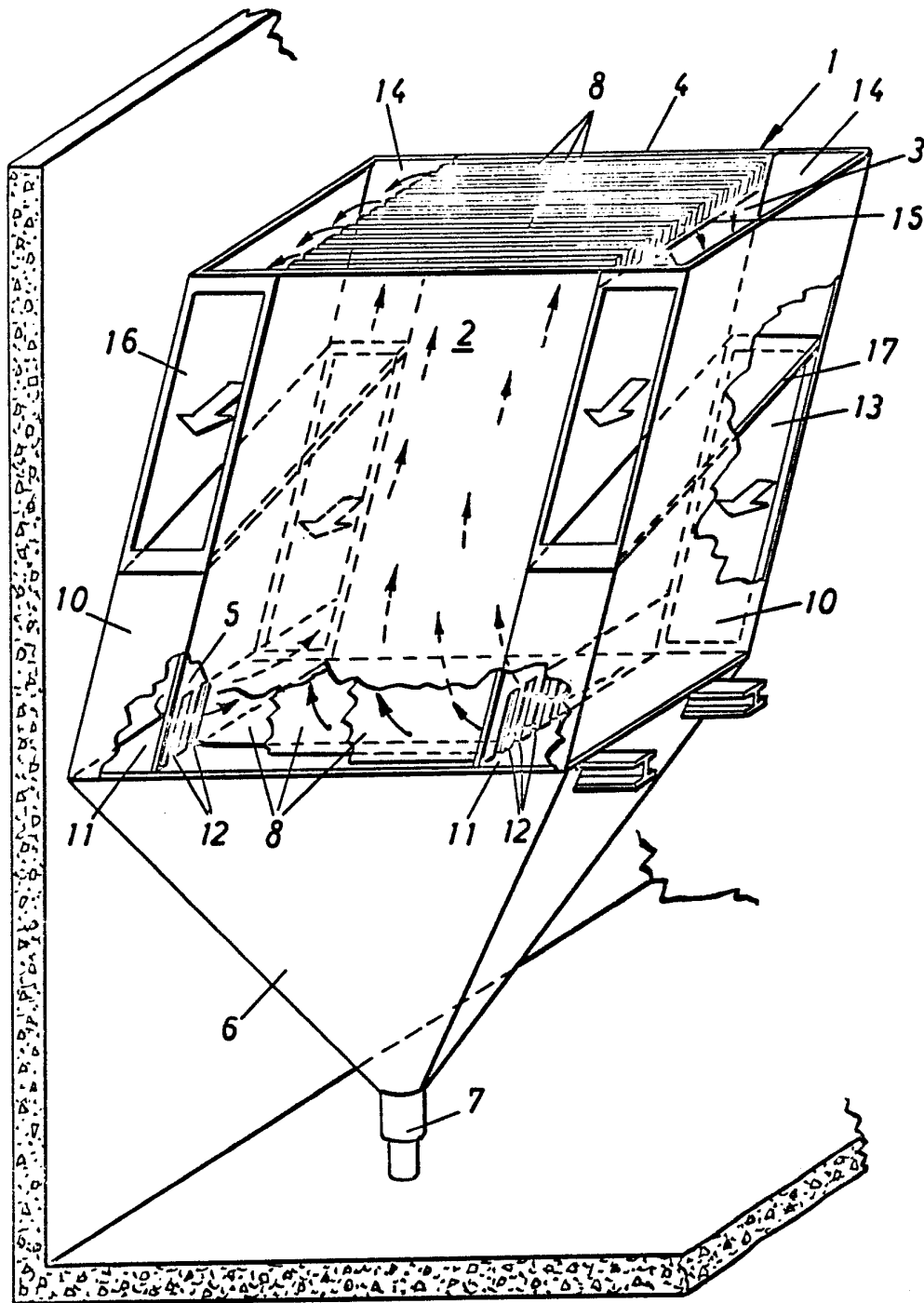


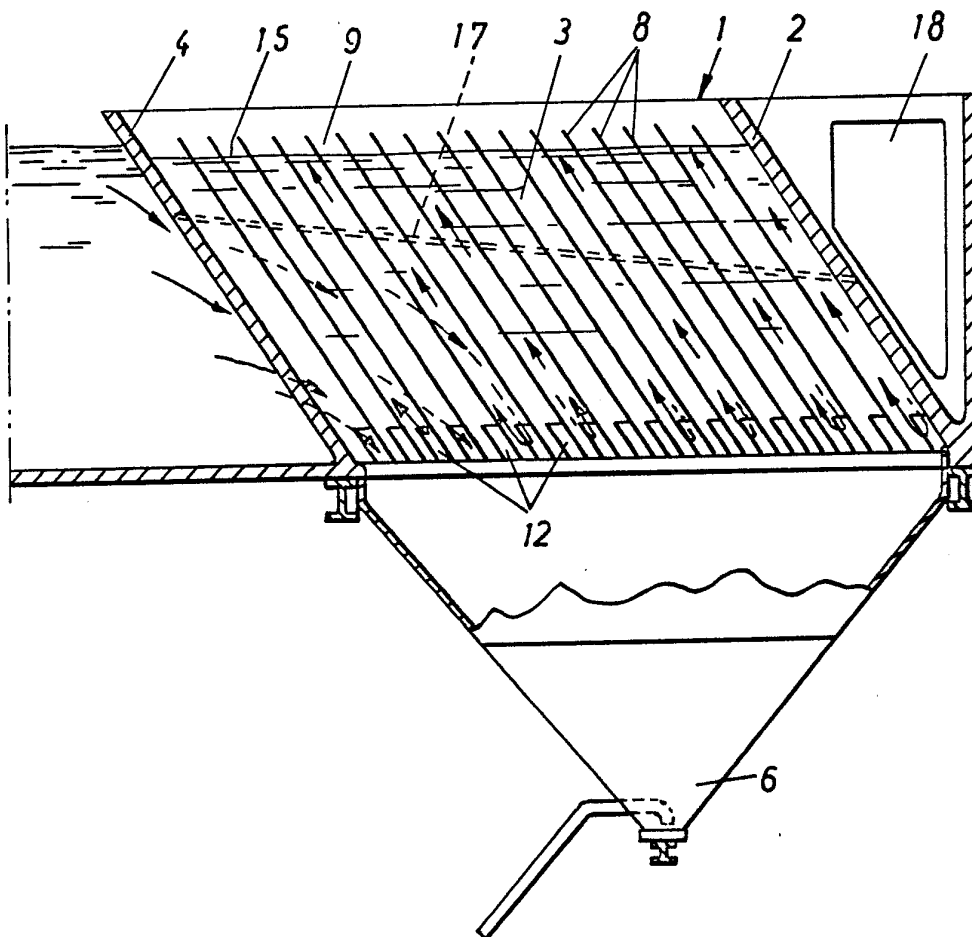
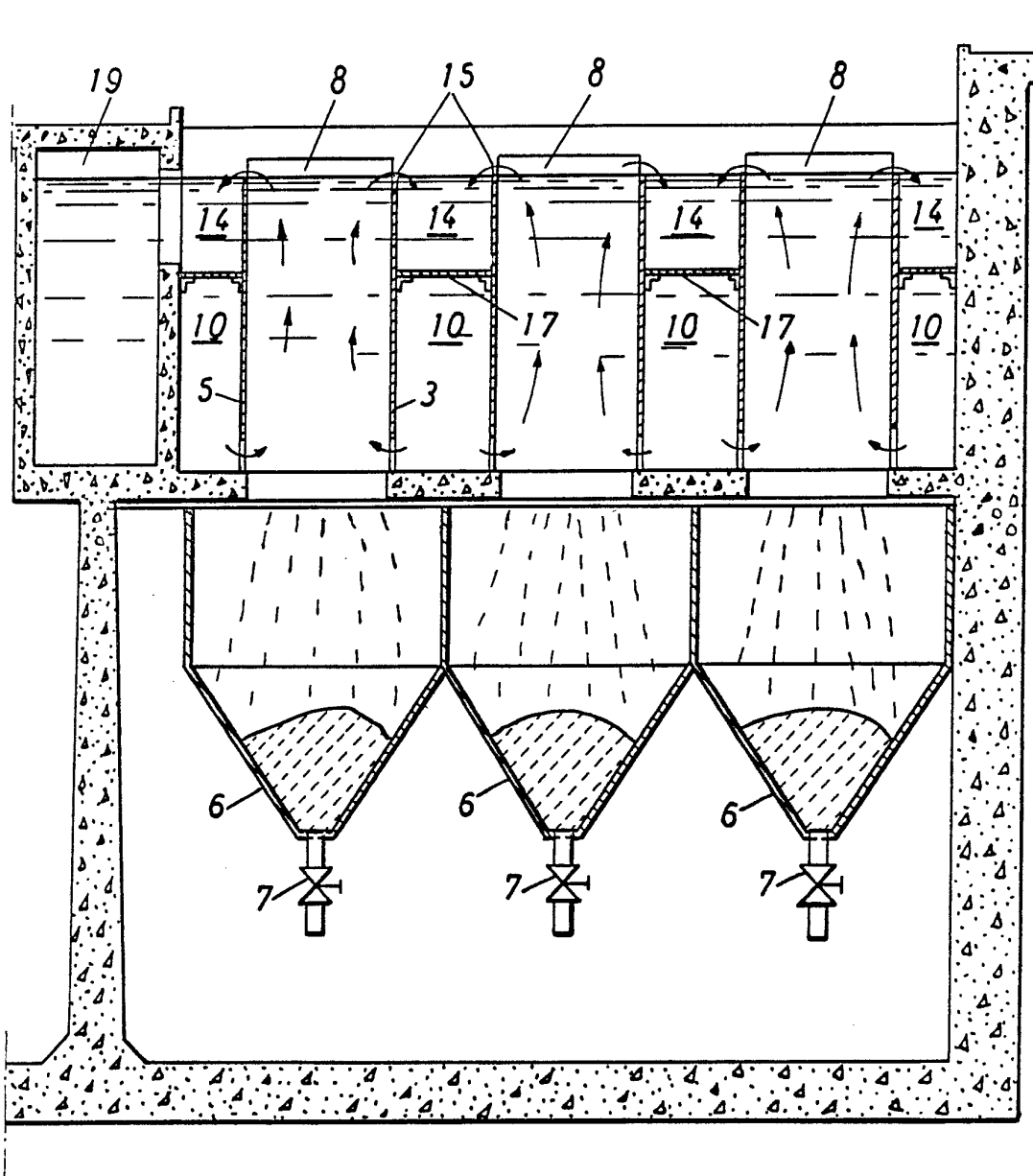
Fig. 2

Fig. 3

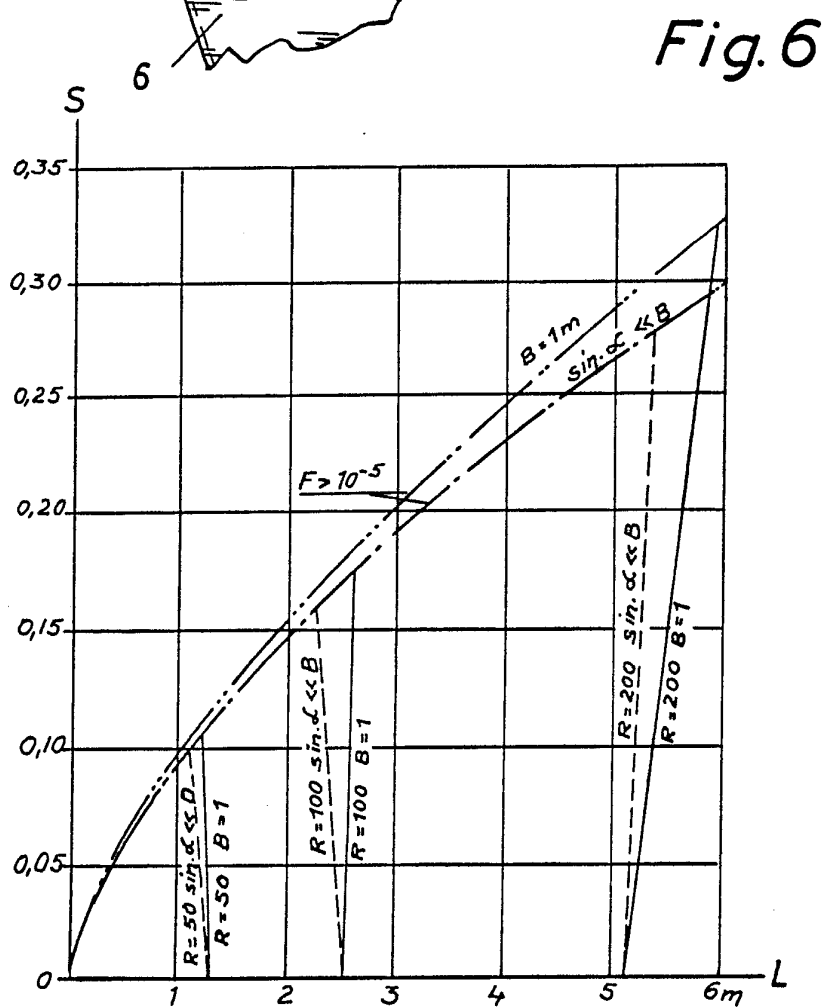
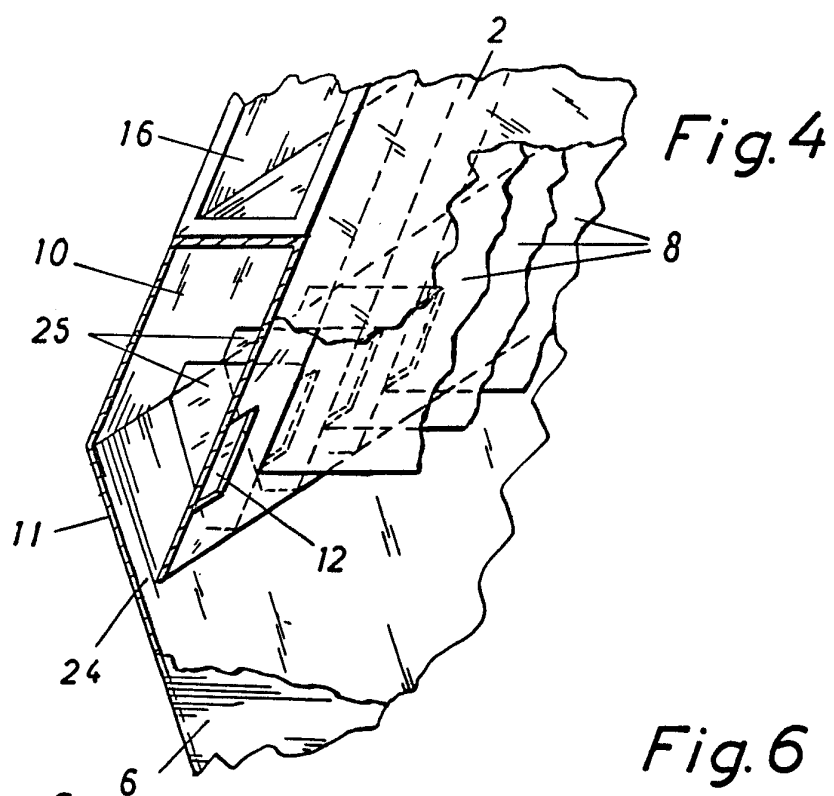


Fig. 5