



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20120750

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

F28D 20/00 (2006.01)

F28D 21/00 (2006.01)

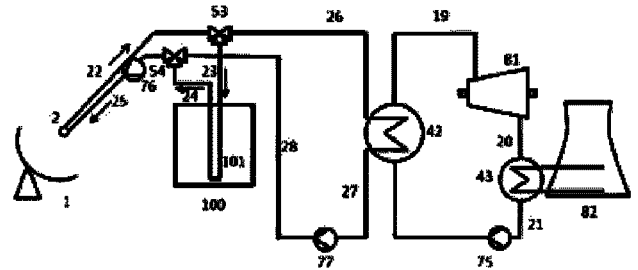
F24J 3/08 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20120750	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr
(22)	Inng.dag	2012.06.28	(85)	Videreføringsdag
(24)	Løpedag	2012.06.28	(30)	Prioritet
(41)	Alm.tilgj	2013.12.30		
(73)	Innehaver	NEST AS, Olav Brunborgsvei 4, 1396 BILLINGSTAD, Norge		
(72)	Oppfinner	Pål Bergan, Ridder Flemmings vei 38, 1397 NESØYA, Norge		
(74)	Fullmektig	Protector Intellectual Property Consultants AS, Oscarsgate 20, 0352 OSLO, Norge		

(54) Benevnelse **Anlegg for energiproduksjon**
(57) Sammendrag

Oppfinnelsen tilveiebringer et anlegg for produksjon av energi, omfattende en varmekilde valgt blant solenergi kilder, kjernereaktorer, fossilt brenselsanlegg og geotermiske kilder, driftsmessig anordnet på en innløpsside av anlegget, og energiproduksjon midler som slik som turbinelektriske generator sett, driftsmessig anordnet på leveringssiden av anlegget. Anlegget er særpreget ved at den videre omfatter en NEST faststoff termisk energilager med en integrert varmeveksler, arrangert mellom innløpssiden og leveringssiden av anlegget for lagring og varmeveksling av den termiske energien, lageret er koblet direkte til kilden og lageret er koblet direkte eller via en ytterligere varmeveksler til leveringssiden av anlegget.



ANLEGG FOR ENERGI PRODUKSJON

Oppfinnelsens anvendelsesområde

Den foreliggende oppfinnelsen angår anlegg for produksjon av energi fra kilder
5 som for eksempel solenergi, nærmere bestemt anlegg for konsentrert solenergi
(CSP), men også fra andre kilder slik som kjernereaktorer, fossile brensels
anlegg og dype geotermiske kilder. Mer spesifikt, angår oppfinnelsen
modifikasjoner av eksisterende anleggskonstruksjoner, for bygging av enklere
og mer effektive anlegg eller modifisering av de eksisterende.

10

Bakgrunn for oppfinnelsen og tidligere kjent teknikk

Betydelig innsats på forskning og utvikling blir gjort på et internasjonalt nivå for
å forbedre effektiviteten og miljøvennligheten til kraftproduksjonssystemer. I dag
gjøres omtrent halvparten av all forskning og utvikling innen området fornybar
15 energi i stedet for varmekraftproduksjon ved bruk av tradisjonell fossil eller
kjernebrensel. Det er blitt klart at energilagring vil bli en viktig teknologi for å
gjøre ytterligere fremskritt, og store investeringer gjøres nå for å utvikle slike
anlegg, særlig lagring av energi ved bruk av oppladbare batterier, vannbasseng
for vannkraftverk, komprimert luft, flyhjul, konvertering til hydrogen og
20 varmelagring inkludert varmelagring med endring i materialets fase.

Det er allment anerkjent at energilager kan lette tidsavhengig tilpasning av
kraftlevering til forbrukere og markedet generelt, og det kan gi
leveringssikkerhet i form av midlertidig energileveranse når den primære
kraftproduksjonen er utilstrekkelig eller svikter.

25 For noen typer av fornybar energiproduksjon er det absolutt nødvendig med
lagring. Et eksempel på et slikt felt er konsentrert solenergi (CSP) hvor
varmelagring er brukt til å kompensere for utilstrekkelig eller sviktende
varmeproduksjon, slik som om dagen når det er overskyet eller om natten når
det ikke er sol. For CSP som bruker solfangere formet som parabolske trau, blir
30 energi generert ved reflekterte og konsentrerte solstråler som varmer olje i et
rørsystem; denne oljen blir deretter varmevekslet med smeltet salt som er lagret
i store, isolerte lagertanker. Oljen er en passende mineral- eller organisk
varmeledende olje, som for eksempel Therminol. Når den lagrede varmen er

nødvendig ved supplerende eller utvidet energiproduksjon, blir den lagrede varmen trukket ut ved bruk av en motsatt varmeveksling mellom smeltet salt og olje. Oljen blir deretter igjen varmevekslet med vanndamp som igjen blir brukt til å produsere elektrisitet via turbiner og elektriske generatorer.

- 5 Denne teknologien har noen store ulemper pga at den involverer flere varmevekslere, det trengs minst to store lagertanker og det blir benyttet veldig kostbare lagringsfluider slik som smeltet salt.

En annen utførelse av CSP er hvor et stort felt av speil (heliostat) reflekterer solstråler til et høyt tårn hvor en mottaker som er fylt med et høytemperert arbeidsfluid, slik som smeltet salt, brukes til omforming av fotonenergi.

I tilfellet der man bruker smeltet salt som arbeidsfluid vil fluidet direkte kunne varmeveksles med vanndamp for å generere elektrisk kraft ved bruk av turbiner og generatorer.

Alternativt kan smeltet salt lagres i store tanker for å kunne brukes til å generere elektrisitet senere, som beskrevet ovenfor.

Nylige forskningsforsøk vurderer også å bruke damp som arbeidsfluid for CSP tårn teknologien; på denne måten unngår man bruk av varmevekslere mellom smeltet salt og damp. Problemet med å bruke direkte damp teknologi er å være i stand til å lagre energien til senere bruk, særlig kombinert med en effektiv måte å produsere elektrisitet.

Den foreliggende oppfinnelsen tilveiebringer en effektiv løsning på dette problemet.

Det er mange tradisjonelle teknologier hvor hovedkilden til energi er varme og trykk; slik som fossilt brensel (kull, olje, gass) anlegg og kjernekraftverk. Selv om slike anlegg ikke er avhengig av lagring for midlertidig bortfall av energiproduksjon, kan varmelagring for slike anlegg også være en stor fordel og økonomisk lønnsomt. For eksempel kan varmelagring gjøre det lettere for full bruk eller bedre utnyttelse av varmeproduksjonskapasiteten gjennom en 24 timers syklus siden varmen som produseres i løpet av natten helt eller delvis kan bli lagret og gi høyere energiproduksjon i løpet av dagen i tråd med markedets krav. Videre er lagring verdifull for å sikre kontinuitet og energiforsyningssikkerhet, eller for å håndtere tidsmessige flaskehalsen i det elektriske distribusjonsnett.

Formålet med foreliggende oppfinnelse er å tilveiebringe et anlegg for produksjon av energi, som har fordeler i forhold til problemene ved den tidligere nevnte teknologi.

Lagringsanlegget bør videre fortrinnsvis:

- 5 • Være i stand til å forenkle den helhetlige prosessen ved varmeakkumulering, transport og lagring sammenlignet med eksisterende systemer.
- Være i stand til å operere ved trykk og temperaturer som er mest passende for varme oppsamling og transport av varme til lageret.
- 10 • Være i stand til å betjene forskjellige typer av arbeidsfluid som anses mest egnet for den ovenfor nevnte operasjon.
- Være i stand til effektivt å transportere varme ut av lageret ved hjelp av væske med temperatur og trykk egnet for varmeutvinningsprosessen.
- Være i stand til å betjene forskjellige typer arbeidsfluid som er mest
15 egnet for varmeleveranse fra lageret.
- Være i stand til å operere i en første varmeveksler prosess hvor varmen i et arbeidsfluid i det første varmetilførselsrørsystemet blir varmevekslet direkte og samtidig med en annen type arbeidsfluid i varmeutvinningsrørsystemet inne i varmeveksleren til lageret.
- 20 • Være egnet for implementering med allerede kommersielt tilgjengelige komponenter som pumper, ventiler, rør, sensorer og kontrollsystem.
- Gi kostnadskontroll og effektivitets fordeler i forhold til eksisterende systemer.
- Være miljøvennlig.
- 25 • Være lett å integrere i og modifisere eksisterende anlegg, så vel som å bli brukt i konstruksjon og drift av nye anlegg.

Sammendrag av oppfinnelsen

Oppfinnelsen tilveiebringer et anlegg for produksjon av energi omfattende en
30 varmekilde valgt blant konsentrerte solenergikilder, kjernekraftverk, fossilt brensel og geotermiske kilder, driftsmessig anordnet ved en innløpsside av anlegget, og energiproduksjonsmidler slik som turbinelektriske generatorer, driftsmessig anordnet ved en leveringsside av anlegget. Anlegget er

5 karakteristisk ved at anlegget videre omfatter et NEST faststoff varmelager med integrert varmeveksler arrangert mellom innløpsside og leveringssiden av anlegget for lagring og varmeveksling av termisk energi, lagringsbeholderen er koblet direkte til kilden og lagringsbeholderen er koblet direkte eller via en ekstra varmeveksler til leveringssiden av anlegget.

Uttrykket koblet direkte i denne sammenhengen menes koblet kun via rør, ventiler, pumper, kompressorer, uten ekstra varmeveksler eller lagring.

10 Foretrukket utforming av anlegget er definert i de uselvstendige kravene som det henvises til.

15 NEST termisk energi lagringsbeholderen og varmeveksleren består av et faststoff termisk lagringsmateriale, et varmeledende fluid og midler for energi inntak og energiuttak hvori:

lageret omfatter minst en varmeoverføringsbeholder, fortrinnsvis en stående beholder eller rørsegment,

faststoff termisk lagringsmateriale er anordnet rundt varmeoverføringsbeholderen, og

20 varmeoverføringsbeholderen omfatter varmeoverføringsfluid og hjelpemidler for energiinntak og uttak, slik at all varmeledende konveksjon og konduksjon av varmeoverføringsfluidet foregår i de respektive varmeoverføringsbeholderne. Fortrinnsvis består NEST termisk energilageret og varmeveksler av mange varmeoverføringsbeholdere som er arrangert ved 25 siden av hverandre, fortrinnsvis består faststoff materiale av tynn murblending ("grout") og sement, murblendingen ("grouting") er anordnet mellom sement og varmeoverføringsbeholderen.

30 Se NO20110839 og PCT/NO2012/05008, som er nevnt her som en referanse, for en egen detaljert beskrivelse av NEST faststoff termisk lageret og spesielt de foretrukne utførelsesformene, hvorav noen er benyttet i anleggene ifølge oppfinnelsen. Ingen av disse søknadene er publisert enda.

Den foreliggende oppfinnelsen er fordelaktig i forhold til alle de ovenfor nevnte problemer som vil gå klart frem av den etterfølgende beskrivelsen og tilhørende tegninger.

5 Det første varmetilførselssystemet er i det mest vanlige tilfellet en lukket rørsøyfe fylt med arbeidsfluid hvor kald væske blir pumpet gjennom varmegenereringssystemet, der den oppvarmes av en energikilde og deretter transporteres inn i lageret hvor varmen blir overført, og derav, vil temperaturen og trykket i fluidet avta. I tilfellet av oppvarming med konsentrert solenergi
10 (CSP), kommer varmen fra sollys (fotonstråler) som blir reflektert til en mottaker som er fylt med sirkulerende arbeidsfluid. En hovedtype av mottaker av solenergi er heliostat felt reflektor (speil) som reflekterer sollys på et tårn med et mottakerfelt øverst som arbeidsfluidet sirkulerer gjennom og varmes opp. Andre typer er parabolske traue og parabolske disksystemer hvor solstrålene
15 reflekteres og konsentreres mot en lokal mottaker som er festet til de bevegelige speilene og hvor arbeidsfluidet varmes opp inne i mottakeren. Enda en annen type av CSP -system under utvikling er basert på såkalte Fresnel samlere. Et viktig aspekt ved solvarmingsanlegg er at jo lavere temperaturen til det innkomne arbeidsfluidet er, desto bedre er energi
20 absorpsjonen og den totale effektiviteten. I nåværende CSP-systemer er arbeidsfluidet i det første systemet vanligvis termisk olje som blir varmevekslet med smeltet salt i en separat varmeveksler før den blir lagret som smeltet salt i store tanker. Alternativt, som i SCP tårn teknologi, kan det første arbeidsfluidet være smeltet salt som kan gå direkte over i beholdere for varmelagring.

25 En ulempe med foreliggende lagringssystem for smeltet salt er at temperaturen til arbeidsfluidet i varmetransportsystemet som går ut av varmeveksleren må være i tilstrekkelig grad høyere enn størkningstemperaturen til det smeltede saltet, vanligvis mer en 250°C. Hvis arbeidsfluidet er olje må
30 maksimumstemperaturen og minimumstemperaturen grovt sett være i et område mellom 400 (koking av olje) og 300°C (størkning av smeltet salt). Det faktum at det dynamiske temperaturområdet bare kan være omtrent 100°C for slike systemer reduserer i stor grad effektiviteten. I henhold til den nåværende oppfinnelsen er varmelageret i hovedsak fast stoff og varmevekslingen finner

sted i varmevekslerne som er integrert i selve lageret. Dette innebærer at det ikke vil være noen nedre grense for temperaturen i lageret annet enn det som er akseptabelt for selve arbeidsfluidet. Dette innebærer ikke bare bedre effektivitet i lageret pga høyere dynamiske lagringstemperaturer, men kan også

5 i stor grad gi økt effektivitet i solenergi absorpsjonssystemet. Noen enkle typer solvarmeanlegg er kun brukt for oppvarming av vann og kan ikke brukes til å produsere elektrisitet. Imidlertid er forskning og utviklingsarbeidet for tiden med på å utvikle CSP systemer som kan varme vann til damp med høyt trykk og som kan brukes direkte til å drive turbinene. Spesielt er det et mål å utvikle

10 systemer som kan generere superkritisk fluid hvor det ikke er noe klart skille mellom vann og damp. For eksempel, ved å operere med temperaturer i området 450°C og 650°C kan man oppnå en mye bedre turbineffektivitet sammenlignet med dampturbiner som operer i nedre, underkritiske område for varme og trykk. For CSP er bruken av lagring en viktig teknologi for å

15 kompensere for variable solenergi tilstrømninger avhengig av tid og variabelt skydekke og fravær av oppvarming når det er mørkt, og også for effektiviteten. Vandampsyklusen i solens varmesløyfe kan normalt ikke kombineres med salt lagring på grunn av den høye temperaturen som er nødvendig i saltet for å unngå størkning. Også i denne situasjonen kan den foreliggende oppfinnelsen

20 gi en god og effektiv løsning på lagringsproblemet. Når varmen skal lagres blir den trykksatte dampen fullt eller delvis overført til lageret som, ved hjelp av dets varmevekslere, overfører varmen til det faste lagringsmaterialet. Når den trykksatte dampen trengs i turbinene, tas varmen ganske enkelt fra lageret ved hjelp av damp ved å bruke de samme varmevekslerne og føres inn i

25 turbinsløyfen.

Det er mange andre typer varmekilder som kan behandles på en lignende måte. En slik tilstand er trykksatt damp fra geotermiske reservoarer eller fra aktive geotermiske eller oppstrøm mantelsoner Typiske geotermiske installasjoner produserer varme med samme hastighet i løpet av natten og dagen. Ved å

30 lagre varme i løpet av natten, og ved å tappe denne fra lageret i løpet av dagen, vil man være i stand til å øke kraftproduksjonen i løpet av de travleste timene på dagen langt utover det som kommer fra den konstante strømmen av damp fra det geotermiske reservoaret.

Gjennomføringen av dette konseptet, som er et typisk trekk ved utførelsesformer av oppfinnelsen, krever selvsagt en ekstra turbinkapasitet for å øke kraftproduksjonen.

5 Utover dette kan foreliggende oppfinnelse også anvendes ved konvensjonelle tilstander, slik som for eksempel når varmekilden er basert på fossil- eller kjernebrensel. Bruk av avfallsenergi fra industrien er enda et eksempel. Den tidligere nevnte faststoff lager oppfinnelsen, beskriver også hvordan elektrisitet kan brukes som en varmekilde ved hjelp av et elektrisk varmeelement av Joule-
10 NO20110839 og PCT/NO2012/050088, hvorav ingen er publisert enda, for en egen detaljert beskrivelse av faststoff termisk lageret.

Et sentralt trekk ved den foreliggende oppfinnelse er fleksibiliteten med hensyn til tilpasninger til forskjellige typer arbeidsfluider eller varmeoverføringsfluider. For eksempel kan lagerbeholderens varmesløyfe være beregnet på termisk olje
15 og varmeutvinningen fra turbinsløyfen være beregnet på vanndamp. Et annet alternativ er at varmesløyfe til lageret er beregnet på vann til damp og også varmeutvinningsløyfen fra lageret er beregnet på fra vann til damp. Disse konseptene vil bli forklart i nærmere detalj senere. Det skal bemerkes at den foreliggende oppfinnelsen kan arbeide med damp under meget høye
20 temperaturer, slik som superkritisk og hyperkritisk damp, fordi dampen går i riktig dimensjonerte rør som kan opprettholde slike forhold og at slike ekspanderende rør ikke representerer noe problem for den type fastlagring som er en del av anlegget ifølge oppfinnelsen. Den foreliggende oppfinnelse kan også anvendes med andre arbeidsfluid enn olje og vanndamp. Eksempler er
25 smeltet salt, syntetisk smeltede salter, metaller og legeringer med lave størkningstemperaturer, ulike typer sammensatte væsker, suspenderte partikler i væske osv.

Oppfinnelsen kan også ha mange andre former og bruksområder. For eksempel kan den inkluderes til å erstatte saltlagring i allerede eksisterende CSP traue
30 anlegg med salt lagring. Slike anlegg vil typisk allerede ha olje til damp varmeveksler (kjele) som det kan foretrekkes å benytte også etter den foreliggende oppfinnelse med faststoff lagring er implementert. I slike tilfeller kan arbeidsfluidet for varmelagringen så vel som arbeidsfluidet for

varmeutvinningen fra lageret være olje. Som det vil bli beskrevet senere kan denne situasjonen bli håndtert av den foreliggende oppfinnelse.

En spesiell utførelsesform av oppfinnelsen er når det primært brukes en varmeveksler fra en type av arbeidsfluid til en annen type arbeidsfluid i stedet

5 for å bli brukt i varmelagring eller varmeutvinningsprosessen. Den mest typiske situasjonen kan være varm olje fra den første varmesløyfen varmeveksles direkte med vann til damp inne i varmevekslerne i lageret. Denne anvendelsen kan være av verdi for CSP installasjoner når de er i bruk gjennom dagen.

Hensikten med konseptet er at det er fullt mulig å unngå bruk av en separat
10 varmeveksler (kjele) for å gå fra oppvarmet olje til damp og derved å oppnå betydelige økonomiske besparelser. Noe varme vil lekke inn i faststoff lageret når lagringsvarmen primært brukes i en varmevekslerprosess, men varmen er ikke tapt og vil snarere kunne være tilgjengelig for senere bruk når lageret brukes i en varmeutvinningsprosess.

15

Figurer

Oppfinnelsen er illustrert ved 10 figurer, hvorav:

Fig. 1 viser et prosessdiagram som illustrerer tidligere kjent teknikk av en CSP
20 installasjon med saltlagring eller lignende, og illustrerer hvilke deler av den foreliggende oppfinnelsen som kan erstattes og forbedres.

Fig. 2 viser et prosessdiagram av et anlegg i henhold til oppfinnelsen, hvori varmelagringsprosessen av CSP installasjonen eller lignende der smeltet saltlagringen er blitt erstattet med et faststoff lager ifølge den foreliggende oppfinnelse og hvor det samme arbeidsfluidet blir brukt ved varmelagring som
25 for varmeutvinning.

Fig 3 viser et prosessdiagram over varmeutvinningsprosessen av en CSP installasjon eller lignende i følge oppfinnelsen, hvor smeltet saltlagringen har blitt erstattet av et faststoff lager og hvor det samme arbeidsfluidet blir brukt til varmelagring som til varmeutvinning ved påfølgende energiforbruk.

30 Fig 4. viser en varmeveksler for faststoff lager hvor det samme arbeidsfluidet er brukt til varmelagring som til varmeutvinning fra lagringsbeholderen.

Fig 5 viser en varmeveksler for faststofflagring hvor samme arbeidsfluid er brukt til varmelagring som til varmeutvinning fra lageret og hvor fluidet som varmeveksles inne i lagerets varmevekslere også er av samme type.

Fig. 6 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen så vel som varmeutvinningsprosessen til en CSP installasjon eller lignende ifølge den foreliggende oppfinnelsen hvor en type arbeidsfluid er brukt ved varmelagring i faststoff lageret og en annen type arbeidsfluid som for eksempel vanndamp er brukt ved varmeutvinning og påfølgende energiforbruk.

Fig. 7 viser en varmeveksler for faststoff lageret hvor en type arbeidsfluid blir brukt til varmelagring og en annen type arbeidsfluid blir brukt til varmeutvinning fra lageret.

Fig. 8 viser en varmeveksler for faststoff lagerbeholder hvor en type arbeidsfluid blir brukt til varmelagring så vel som varmevekslerfluidet i faststoff lageret og en annen type arbeidsfluid blir brukt til varmeutvinning fra lageret.

Fig. 9 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen av en CSP installasjon eller lignende anlegg i følge oppfinnelsen, hvor den varmegenererende enheten produserer damp som blir brukt til å transportere varme til faststoff lageret direkte.

Fig. 10 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen til en CSP installasjon og et lignende anlegg i følge oppfinnelsen, hvor varmeutviklingsenheten produserer damp som blir brukt til å overføre varme til faststoff lageret direkte og hvor vanndamp også blir brukt til varmeutvinning og påfølgende energiforbruk.

Detaljert beskrivelse

Figur 1 viser en utførelsesform av oppfinnelsen; figuren viser skjematisk prosess diagram for en tidligere kjent parabolisk traufomet, konsentrert solenergi installasjon ikke i henhold til oppfinnelsen. Et formål med figuren er å beskrive kompleksiteten av konvensjonelle CSP anlegg og vise hvordan systemet kan bli stekt forenklet og store deler av systemet kan erstattes av den foreliggende oppfinnelsen. I varmelagringsprosessen vil traufomede paraboliske speil 1 varme opp olje i en mottaker 2 for, hvor oljen pumpes gjennom et rør 11 til en ventil 51 og videre til et rør 12, hvoretter oljen går inn i en varmeveksler 41 for å avgi varme, en pumpe 71 pumper den kalde oljen etter dette gjennom rørene 13 og 14 tilbake til den traufomede varme absorptor 2 for gjenoppvarming. Denne rørsøyfen representerer den første varmesøyfen; arbeidsfluidet i en slik sløyfe er vanligvis termisk olje som kan

tåle høye temperaturer, mens andre fluider også kan brukes. Varmen som leveres fra den første sløyfen varmeveksles med smeltet salt som er sendt fra en "kald" lagringsbeholder 4 ved hjelp av en pumpe 73 gjennom et rør 16, en varmeveksler 41 og et rør 15 til en "varm" lagringsbeholder 3.

5 Senere, ved varmeutvinningsprosessen, blir varm, smeltet salt sendt fra tanken 3, gjennom røret 15, varmeveksleren 41 og røret 16 tilbake inn i den kalde lagringsbeholderen 4, ved hjelp av en pumpe 72. Under denne varmeleveringsprosessen sirkulerer oljen og blir varmet opp av smeltet salt i varmeveksleren 41 og sendt via rør 12, ventil 51 og rør 17 til en annen

10 varmeveksler 42. Etter at varmen er avgitt i varmeveksleren 42 blir oljen pumpet tilbake til varmeveksleren 41 gjennom rør 18, ventil 52 og rør 13 av en pumpe 74 for fornyet oppvarming av den termiske oljen i dette rørsystemet.

Vann varmes opp for å bli trykksatt damp i varmeveksleren (kjelen) 42 og går gjennom røret 19 inn i et turbingeneratorsystem 81 for generering av elektrisitet

15 og videre gjennom et rør 20 til et avkjølingsvarmevekslersystem 43 som benytter et kjøletårn 82 eller annet kjølesystem, etter den resirkulerte turbin syklusen, pumpes vannet ved hjelp av en pumpe 75 gjennom et rør 21, tilbake til varmeveksleren 42 for gjenoppvarming og gjenoppbygging av trykk.

Det synes klart at systemet som er beskrevet i Fig. 1 er komplisert og i tillegg

20 svært kostbart. Smeltet salt har veldig god varmelagringskapasitet, men smeltet salt som er egnet for slike bruksområder er også svært kostbart. En stor ulempe er også at det termiske driftsområdet til systemet er bundet av koketemperaturen til oljen (litt over 400 grader celsius) og størkningstemperaturen til saltet (litt under 300 grader celsius).

25 Når man tar i betraktning nødvendige sikkerhetsmarginer, blir den termiske differansen eller dynamiske temperaturen mellom "varm" lagringsbeholder og "kald" lagringsbeholder normalt ikke mer enn 100 grader. Dette medfører en stor begrensning av den termiske lagringskapasiteten av et slikt smeltet salt lagringssystem.

30 Systemdiagrammet i Fig 1 viser videre et område avgrenset av en stiplet linje 90. Den foreliggende oppfinnelse kan i prinsippet erstatte alle komponentene som er innenfor dette området; og dermed å oppnå et mye enklere og mer kostnadseffektivt anlegg eller system.

Fig. 2 viser et system flyt skjema for en utførelsesform av anlegget i henhold til oppfinnelsen, med forenklinger i forhold til rammen 90 i Fig. 1. Det som er vist i denne figuren representerer en modifikasjon av det som er vist i Fig. 1 med den forskjellen at smeltet salt lagringsbeholderen er erstattet med et faststoff lager av en type som er i samsvar med oppfinnelsen. For å gjøre det klarere vises oljestrømmen kun for den første sløyfen under varmelagringskretsen i Fig. 2. Olje varmes i en sol varmer 2 og blir ført gjennom et rør 22 og en ventil 53 til en faststofflager 100 med varmevekslere 101 hvor den avgir varme og blir kjølt ned. Den blir deretter ført gjennom et rør 24, en ventil 54, et rør 25 og en

5

10

pumpe 76 tilbake til soloppvarmingssystemet.

Fig. 3 viser samme systemet som i Fig. 2 når den er i bruk i en varmeutvinningsprosess Avkjølt olje blir ført gjennom faststoff varmelager og varmevekslerne 101 og videre gjennom et rør 23, en ventil 53 og et rør 26 til en varmeveksler (kjele) 42 hvor den blir nedkjølt og ført tilbake til lageret gjennom et rør 27, en pumpe 77, en ventil 54, og et rør 24 tilbake til lageret for gjenoppvarming. Det som skjer i kjelen og turbinløyfen 19, 81, 20, 43, 21 og 75 er i prinsippet nøyaktig det samme som er blitt beskrevet for saltlagringsteknologien i forbindelse med Fig. 1.

15

Ved å sammenligne systemene i figurene 2 og 3 med saltlagringens basis funksjon fremgår det at varmeveksleren mellom olje og salt ikke lenger er nødvendig og de to store beholderne for smeltet salt er blitt erstattet av et faststofflager. Like viktig er det at den laveste funksjonelle temperaturen ved lagring for å unngå størkning ikke lenger er gyldig. Dette betyr at arbeidsfluidet olje samt faststofflageret, kan operere i et mye høyere dynamisk

20

25

temperaturområde simpelthen fordi den lave temperaturbegrensningen ikke er der. Dette har også positive konsekvenser for effektiviteten av solfanger systemet 1 og 2 så vel som kjelen 42 til turbinløyfen.

Faktum er at samme type arbeidsfluid brukes for overføring av varme til faststoff lageret som for å trekke ut varme fra den. I så fall kan varmevekslerne ifølge foreliggende type, være ganske enkle. Figur 4 viser et rør sløyfe inne i en lagerstabel i samsvar med en av utførelsesformene av Patentsøknad NO20110839 og PCT/NO2012/050088, hvorav ingen av dem er publisert enda. For en egen detaljert beskrivelse av det faststoff termiske lageret, henvises til nevnte patentsøknader. Arbeidsfluidet 111 går i et rør 101 i en sløyfe på

30

innsiden av en vertikal varmeveksler beholder 120 fylt med varmeoverføringsfluid 112. Ved siden av varmeveksler beholderen 120 og i full kontakt med beholderen, er faststoff varmelagringsmaterialene 121, forstørret for å gjøre det tydeligere, som kan være sammensatt av soner med forskjellige materialegenskaper. I varmelagringsprosessen er arbeidsfluidet varmere enn varmeveksling eller -overføringsfluidet 112 som igjen er varmere enn faststoff varmelagringsmaterialet 121. I varmeutvinningsprosessen er situasjonen motsatt. Legg merke til at arbeidsfluidet 111 kan ha høyt trykk mens varmevekslerfluidet 112 i beholderen 20 kan ha lav eller nær atmosfærisk trykk og utøver således ikke trykk mot de faste stoffene. I en typisk utførelsesform vist i fig. 2 og 3 blir termisk olje brukt som arbeidsfluid i en første sløyfe så vel som varmeoverføringsfluidet i varmeveksleren; men andre typer av arbeidsfluid kan også bli vurdert.

Varveveksleren kan ha en enda enklere utforming som vist i Fig. 5. Denne utgaven av varmeveksler kan brukes når arbeidsfluidet 111 er det samme som varmevekslerfluidet 112 og når arbeidstrykket er lavt og moderat lavt. Som det fremgår av figuren ledes arbeidsfluidet gjennom et rør inn i en varmevekslerbeholder, hvor strømmen drives av forskjeller i trykk og massetetthet, og overfører varme stort sett ved konveksjon før den blir presset ut ved en lavere temperatur. I varmeutvinningsprosessen blir kaldt arbeidsfluid ført inn i beholderen hvor den tar opp varme og kommer ut med en høyere temperatur.

Fig 4 og 5 viser grunnleggende prinsipper for typer av varmevekslere som kan benyttes. I lager ved virkelig størrelse kan det være et meget stort antall varmevekslere som er koblet sammen ved hjelp av rør og ventiler. Avhengig av driftsprosess, kan strømmingen gjennom disse varmevekslerne være koblet i serie eller i parallell avhengig av driftsmål og samtidig varmetilstand i lagringsbeholderen.

Figur 6 beskriver et system flytdiagram for en annen utførelsesform av anlegget i den foreliggende oppfinnelsen. I dette tilfellet brukes en type arbeidsfluid i den første oppvarmingsløyfen, mens et annet fluid blir brukt i varmeutvinningsløyfen. Varmekilden kan for eksempel varme en type fluid som blir pumpet gjennom røret 21 til varmeveksleren 102 for å avgi varme til lagertanken 100 via en pumpe 65 tilbake til oppvarmingskilden for ny

oppvarming. Termiske oljer kan være typiske arbeidsfluider. Samme figur viser også varmeutvinningsprosessen hvor en annen type arbeidsfluid brukes til å transportere varme ut av lageret. Legg merke til at i varmeutvinningsprosessen brukes de samme varmevekslerne som i varmelageret.

5 Figur 6 viser ytterligere en spesielt fordelaktig anvendelse av oppfinnelsen hvor arbeidsfluidet for varmeutvinningen, på leveringssiden, er vanndamp. Fordelen med dette er at varmen som leveres kan brukes direkte til å drive dampturbiner og elektriske generatorer. Vanndamp oppvarmes i et rør 103 inne i varmevekslerne i lageret, og går via et rør 23 til en turbin 81 for deretter å
10 passere gjennom et rør 18 til et kjølesystem 43 og via et rør 24 og en pumpe 62 tilbake til lageret for gjenoppvarming. Figuren angir et kjøletårn 82 som kjølesystem, men andre kjølemetoder kan også benyttes. Det kan også brukes andre rør, ventiler og pumper som ikke er vist i figuren.

15 Fi. 7 viser i prinsippet en form for varmeveksler som kan brukes inne i lageret i kombinasjon med utførelsesformen som er vist i Fig. 6.

Arbeidsfluidet 113 i den første varmesløyfen går gjennom et rør 103 som er nedsenket i varmeoverføringsfluidet 112 inne i varmevekslerens beholder 120. Denne beholderen er i direkte kontakt med faststoff varmelagringsmaterialet
20 121 som består av en eller flere soner av forskjellige materialer. Varmen overføres til fluidet 114, som for eksempel er vanndamp, via et rør 102 inn i varmeutnyttelsessløyfen.

Fig. 8 viser en noe annerledes og forenklet versjon av varmevekslerne som benyttes i lageret. I dette tilfellet er arbeidsfluidet i varmesløyfen 113, som
25 mates gjennom et rør 104, den samme som varmeoverføringsfluidet i varmevekslerbeholderen. I et slikt tilfelle er det nødvendig at trykket til det første arbeidsfluidet 113 ikke overstiger trykket som kan opprettholdes av beholderen 120 og de faste stoffene rundt den.

Det skulle være klart at lageret som er vist i Fig. 6 ikke bare fungerer som
30 varmelagring; det er også en varmeveksler mellom to forskjellige typer av arbeidsfluid hvor arbeidsfluidet som blir brukt i varmeutvinningen blir brukt direkte til å drive kraftforsyningen i dampturbiner. Avhengig av de termiske egenskapene til arbeidsfluidet til den første varmesløyfen, og derfor, temperaturen i lageret, kan den andre sløyfen også forsynes med overopphetet

eller superkritisk damp. Fordelen ved dette er at jo høyere temperatur og trykk til dampen som føres inn i turbinene, desto høyere energi effektivitet i å omgjøre varme til mekanisk arbeid og dermed elektrisitet.

Tatt i betraktning et kraftverk som i Fig. 6 med to forskjellige typer arbeidsfluider vil det videre forstås at det alltid er behov for en varmeveksler mellom det oppvarmet fluidet som blir brukt i varmeabsorbator 2 og dampen som blir brukt i turbinene. I tilfellet der lageret er fullt utkoblet uten å levere varme til lageret, må slike varmevekslere og kjelesystem leveres som en separat enhet på utsiden av lagrene (ikke vist i Fig. 6). Imidlertid gir foreliggende oppfinnelse et alternativ til å ha en ytre, separat varmeveksler mellom de to fluidene siden anlegget omfatter et varmelager med varmeveksler i seg selv. Målet med å levere varme generert i den første sløyfen direkte til turbinene kan faktisk oppnås ved å drive de to sløyfene vist i fig. 6 samtidig. Utformingen av varmevekslerne som er vist i figurene 7 og 8 er slik at når de to fluidene 113 og 114 sirkuleres samtidig går det meste av varmeoverføringen direkte mellom de to fluidene i stedet for i lagringsmaterialet 121 via beholderen 120. Noe varme vil nødvendigvis lekke fra varmeoverføringsfluidet til lageret ved den målrettede varmevekslingsprosessen; men denne varmelekkasjen vil ikke utgjøre noe reelt energitap. Faktisk kan varmeoverføring til lageret være planlagt som en "delvis lagrings prosess" for den totale driften. De faktiske og relative hastighetene til fluidstrømmen avgjør hvor mye varme som direkte blir overført og hvor mye som blir lagret.

Figurene 9 og 10 viser nok en anvendelse ifølge oppfinnelsen. I dette tilfellet er arbeidsfluidet til varmekilden direkte vanndamp. Figuren viser et CSP anlegg hvor vann oppvarmes til damp med meget høy temperatur og trykk i soloppfangeren til et tårnliknende CSP anlegg. Oppvarmingskilden kan også være av annen type slik som for eksempel fossilt brennstoff, kjerne- eller geotermisk kraftverk, som erstatter eller kommer i tillegg til tårnet. Det er av spesiell interesse å bruke kull som kilde, mer spesifikt et kull forbrennings energianlegg inkludert faststoff termisk lagertank og varmeveksler som tidligere beskrevet. I varmelagringsprosessen vist i Fig. 9 blir damp brakt fra kilden 2 via et rør 25, en ventil 43 og et rør 26 inn i en rør-sløyfe 101 i lagringsbeholderen. Etter dette blir fluidet pumpet ved hjelp av en pumpe 66, et rør 27, en ventil 44 og et rør 28 tilbake til kilden 2 for gjenoppvarming.

Varmeveksleren som brukes i lageret til denne prosessen er fortrinnsvis av en type som vist i figur 4; i dette tilfellet er arbeidsfluidet 111 vanndamp som går gjennom et rør 101 nedsenket i varmeoverføringsfluidet 112. Det kan være ønskelig å operere med svært høye temperaturer langt utover grensen til overkritisk vann. For eksempel kan det være ønskelig å bruke damp opp til 650 grader celsius. I slike tilfeller kan ikke varmeoverføringsfluidet lenger være termisk olje siden det vil begynne å koke. Alternative varmeoverføringsfluider kan være smeltet salt, visse metaller eller andre fluider som oppfyller spesifikasjonene. Tidligere kjente anlegg som bruker vanndamp som den eneste energi overføringsfluidet, kan ikke lagre den høye varmetemperatur på en praktisk måte, siden lagring er upraktisk på grunn av overdrevent antall tykkveggede damptrykketanker og svært høye tilhørende kostnader. Dampen er tapt hvis dampen kondenserer. Med løsningen ifølge oppfinnelsen kan det enkelt oppnås: lagring uten avgrensninger i størrelse, stor spennvidde i dynamiske temperaturforskjeller, høyere maksimums temperatur og lavere minimumstemperatur, kildelevering uavhengig av fase og økt maksimalproduksjonsnivå ved å kombinere levering fra lagring og kilde.

Fig. 10 viser varmeutvinningsprosessen. Damp blir varmet i et rør 101 i varmeveksleren i lageret og går gjennom et rør 26, ventil 43 og et rør 29 inn i en kraftforsyningsturbin 81. Etter dette går fluidet via et rør 18 til et kjølesystem 43 og blir pumpet via en pumpe 62, et rør 19, en ventil 44 og et rør 28 tilbake til lageret.

Det skal bemerkes at røropplegget inne i lagertanken kan anordnes på forskjellige måter for å betjene flere lagringselementer og varmevekslere; fluidstrømmen kan organiseres i serie så vel som parallelle arrangement. Det overordnede rørsystemet inne i lageret kan være tilpasset til å drive turbinene direkte fra varmekilden 2 i parallell med å tappe varme fra lagertanken 100. Selv om denne parallelle virkemåten ikke er vist i figurene 9 og 10 kan det utledes at fluidstrøm fra røret 25 kan kombineres med fluidstrømmen fra røret 26 for å gi tilstrekkelig fluid og varme til turbinene, og dermed øke maksimal produksjon. Legg merke til at lagringsbeholderen kan ha flere måte å sende arbeidsfluidet gjennom.

En viktig faktor kan være at varmevekslerfluidet vil størkne hvis temperaturen faller under smeltepunktet. Denne situasjonen er spesielt aktuelt for

varmeoverføringsvæsker som er egnet for bruk ved svært høye temperaturer.

En måte å håndtere dette på er å drive systemet på en slik måte at temperaturen i fluidet 112 aldri synker under størkningstemperaturen til

varmevekslerfluidet. En annen tilnærming er å tillate overgang fra flytende form

5 til fast form. En slik overgang vil ikke nødvendigvis medføre skade på systemet, forutsatt at ikke skjer mer termisk ekspansjon ved størkningen. I

motsetning til vann trekker de fleste fluider seg sammen ved størkning. Faktisk

kan faseovergang representere økt varmelagringskapasitet ved at overgangen fra fast til flytende form i oppvarmingsfasen krever ekstra (lagret) varme, noe

10 som vil bli gitt tilbake til arbeidsfluidet i varmeutvinningsprosessen.

I tilfeller der smeltet salt eller andre fluider med relativt høyt smeltepunkt er

brukt som arbeidsfluidet eller som varmeoverføringsfluider i varmeveksleren i

lageret, kan problemer tilknyttet til mulig størkning og tilstopping av rør bli

håndtert på andre måter. Som beskrevet i de overfor nevnte patentsøknadene,

15 kan elektriske varmeelementer lett bygges inn i varmevekslerne. Disse varmeelementene kan iverksettes ved å bruke elektrisitet når det trengs.

Lagringsanvendelse utover det som er blitt beskrevet her vil også være mulig;

og det er ikke mulig å beskrive alle mulige situasjoner. Imidlertid vil slike

anvendelser typisk være variasjoner på det som er blitt beskrevet og kan også

20 inkludere tillegg til den foreliggende oppfinnelsen. Turbiner kan også være

erstattet av organisk Rankine-syklus, Kalina-syklus, Stirlingmotor

(varmgassmotor) eller andre mulige maskiner for produksjon av elektrisitet.

En måte å oppnå høyere virkningsgrad på damp, er å bruke damp i turbiner i

kombinasjon med naturgass som et direkte brennende brennstoff. Slike

25 systemer kalles ofte kombinasjons system ("dual-fuel") Den foreliggende

oppfinnelsen kan også tilpasses og benyttes i forbindelse med slike

anvendelser i variasjoner med det som allerede er beskrevet. Følgelig kan

anlegget i henhold til oppfinnelsen omfatte andre trekk og fremgangsmåter som

her er beskrevet eller illustrert, i hvilken som helst praktisk kombinasjon, hver

30 slik kombinasjon er en utførelsesform av oppfinnelsen.

Krav

1.

5 Anlegg for produksjon av energi, omfattende en varmekilde valgt blant konsentrerte solenergikilder, kjernekraftverk, fossilt brensel og geotermiske kilder, driftsmessig anordnet ved en innløpsside av anlegget, og energiproduksjonsmidler slik som turbinelektriske generatorer, driftsmessig anordnet ved en leveringsside av anlegget **karakterisert ved** at anlegget videre
10 omfatter et NEST faststoff varmelager med integrert varmeveksler, arrangert mellom innløpsside og leveringssiden av anlegget for lagring og varmeveksling av termisk energi, lageret er koblet direkte til kilden og lageret er koblet direkte eller via en ekstra varmeveksler til leveringssiden av anlegget.

15 2.

Anlegg ifølge krav 1 **karakterisert ved** at anlegget er et konsentrert solenergi (CSP) anlegg med smeltet salt eller olje på innløpssiden, det termiske energilageret er koblet direkte på en leveringsside ved en rørkrets fylt med damp eller vann eller superkritisk vann, eller indirekte via en varmeveksler og
20 en rørkrets fylt med smeltet salt eller olje, og derved elimineres minst to smeltet salt termiske energilagere og minst en varmeveksler og det tillates et større dynamisk temperaturområde og dermed høyere virkningsgrad av anlegget.

3.

25 Anlegg ifølge krav 1, **karakterisert ved** at anlegget er et konsentrert solenergi (CSP) anlegg med damp eller superkritisk vann på innløpssiden, det termiske energilageret er koblet direkte til en leveringsside med en turbin med en rørkrets fylt med damp eller vann eller superkritisk vann og en rørkobling er anordnet for å koble sammen innløpssiden og leveringssiden av anlegget, og
30 dermed gi stabil produksjon over tid og høyere effektivitet ved større dynamiske temperaturområder i perioder med lav eller ingen varme fra innløpssiden av anlegget ved bruk av lageret for levering av termisk energi i et stort dynamisk område og høy temperatur sammenlignet med tidligere løsninger.

4.

Anlegg i følge krav 1, **karakterisert ved** at anlegget er et kjernekraftanlegg med smeltet salt eller smeltet metall på innløpssiden, det termiske energilageret er koblet direkte til en turbin på leveringssiden med en rørkrets fylt med damp, vann eller superkritisk vann eller indirekte via en varmeveksler og rørkrets fylt med smeltet salt eller smeltet metall, og derved elimineres mindre effektive alternative lagringsmetoder og det tillates større dynamiske temperaturområder i anlegget og økt sikkerhet ved bruk av ikke –flyktige faststoff termisk energilagring.

5.

Anlegg ifølge et hvilket som helst av kravene 1-4, **karakterisert ved** at fluid temperaturen på innløpssiden av anlegget er i området 200-700°C og temperaturen på leveringssiden av anlegget er i området 200-700°C.

6.

Anlegg ifølge krav 1-5, hvor NEST varmelageret og varmeveksleren omfatter et fast stoff varmelagringsmateriale, et varmeoverføringsfluid og midler for innføring og uttak av energi, hvori:

lageret omfatter minst en varmeoverføringsbeholder,

fast stoff termisk lagringsmaterialet er anordnet rundt

varmeoverføringsbeholderen, og

varmeoverføringsbeholderen omfatter varmeoverføringssfluidet og midler

for energi-inntak og uttak, slik at all varmeledende konveksjon og konduksjon av varmeoverføringsfluidet finner sted inne i de respektive varmeoverføringsbeholdere.

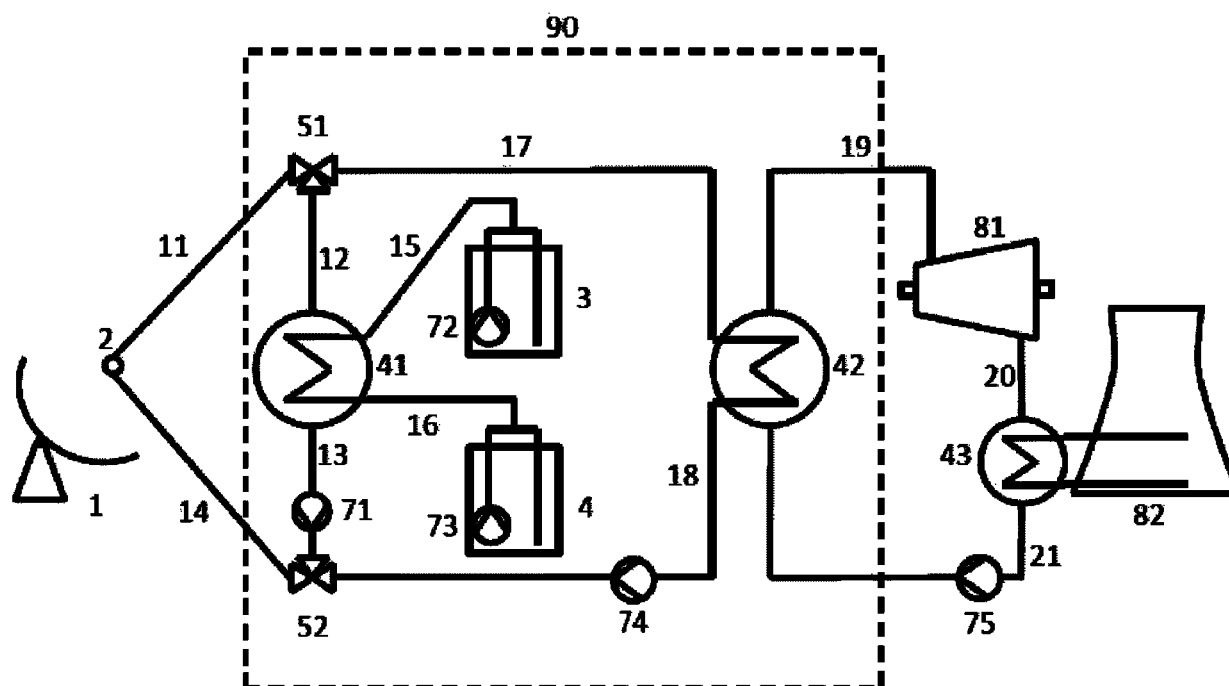


Fig 1

Fig. 1 viser et prosessdiagram som illustrerer tidligere kjent teknikk av en CSP installasjon med saltlagring eller lignende, og illustrerer hvilke deler av den foreliggende oppfinnelsen som kan erstattes og forbedres.

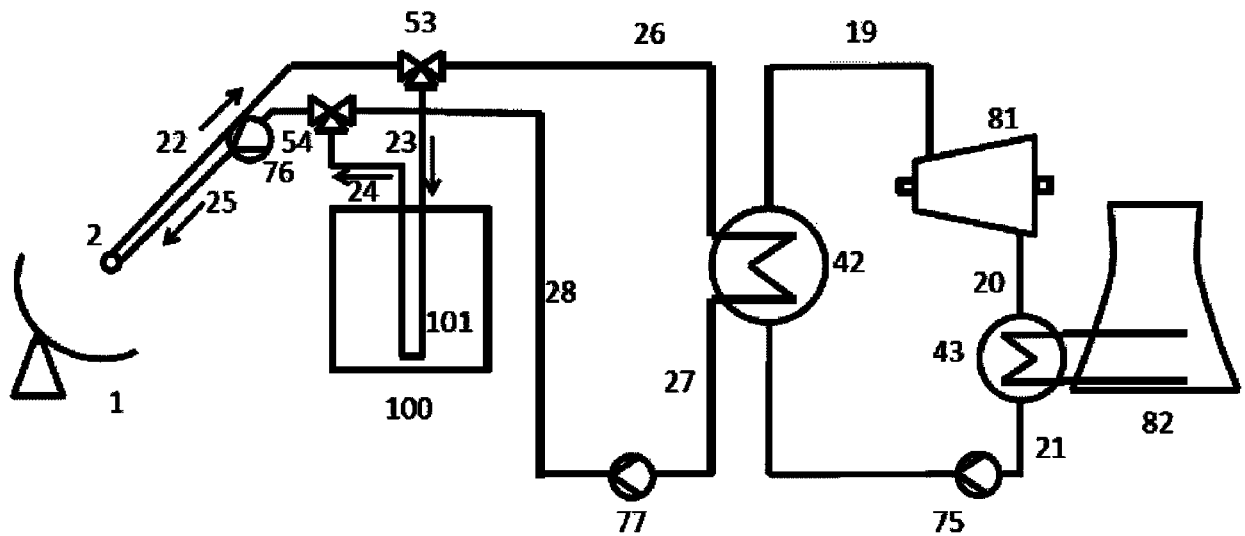


Fig 2

Fig. 2 viser et prosessdiagram av et anlegg i henhold til oppfinnelsen, hvori varmelagringsprosessen av CSP installasjonen eller lignende, der smeltet saltlagringen er blitt erstattet med et faststoff lager ifølge den foreliggende oppfinnelse og hvor det samme arbeidsfluidet blir brukt ved varmelagring som for varmeutvinning.

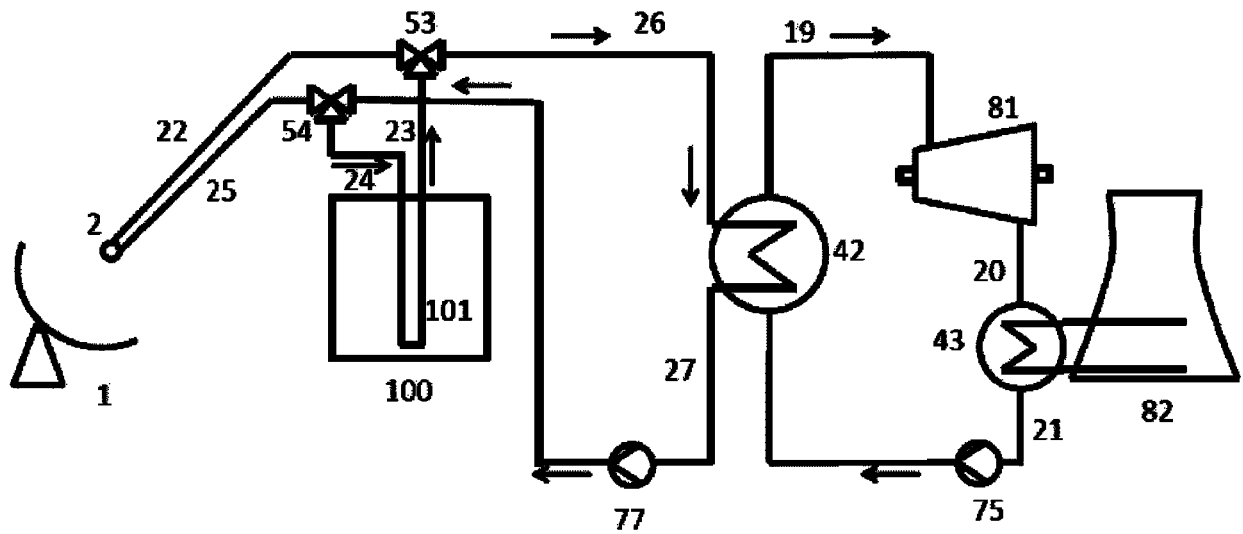


Fig 3

Fig 3 viser et prosessdiagram over varmeutvinningsprosessen av en CSP installasjon eller lignende i følge oppfinnelsen, hvor smeltet saltlagringen har blitt erstattet av et faststoff lager og hvor det samme arbeidsfluidet blir brukt til varmelagring som til varmeutvinning ved påfølgende energiforbruk.

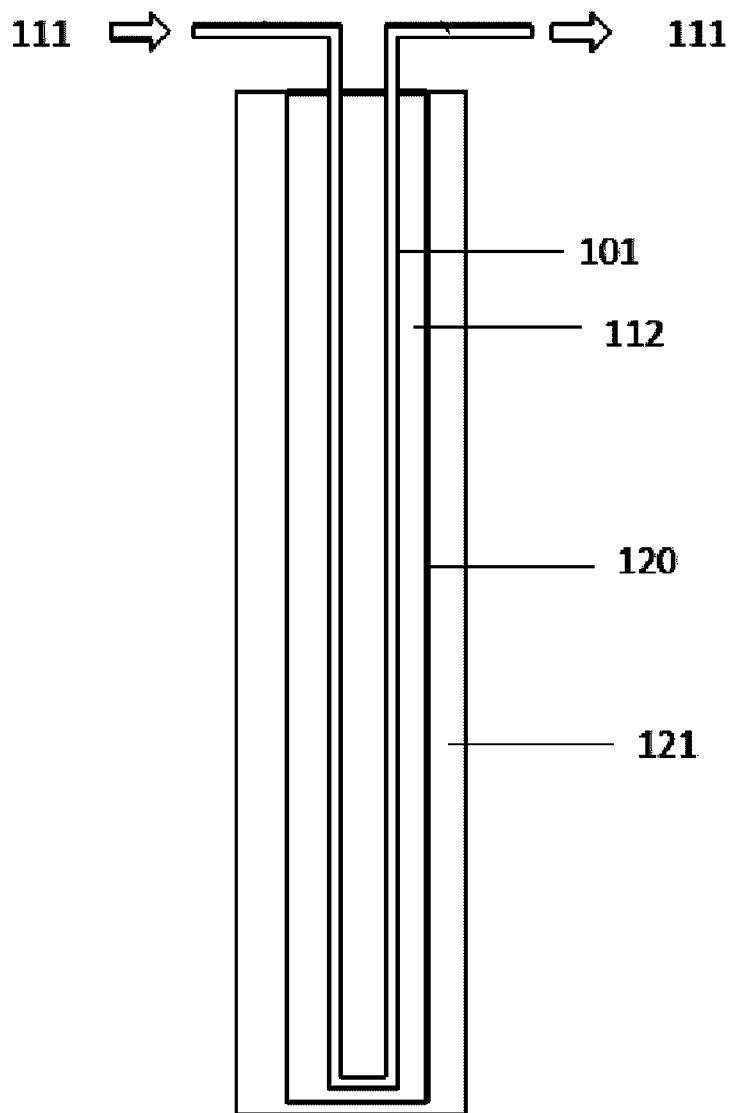


Fig 4

Fig 4. viser en varmeveksler for faststoff lager hvor det samme arbeidsfluidet er brukt til varmelagring som til varmeutvinning fra lagringsbeholderen.

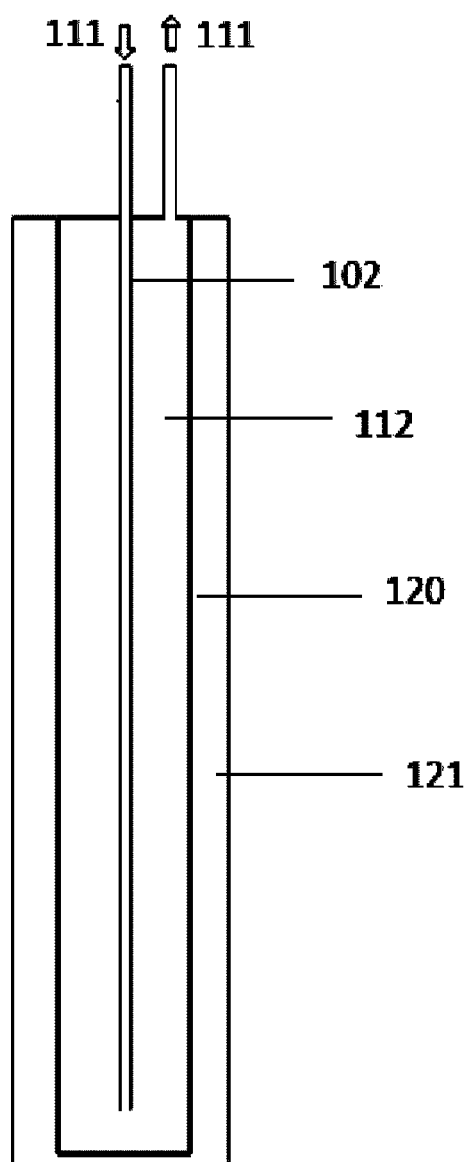


Fig 5

Fig 5 viser en varmeveksler for faststofflagring hvor samme arbeidsfluid er brukt til varmelagring som til varmeutvinning fra lageret og hvor fluidet som varmeveksles inne i lagerets varmevekslere også er av samme type.

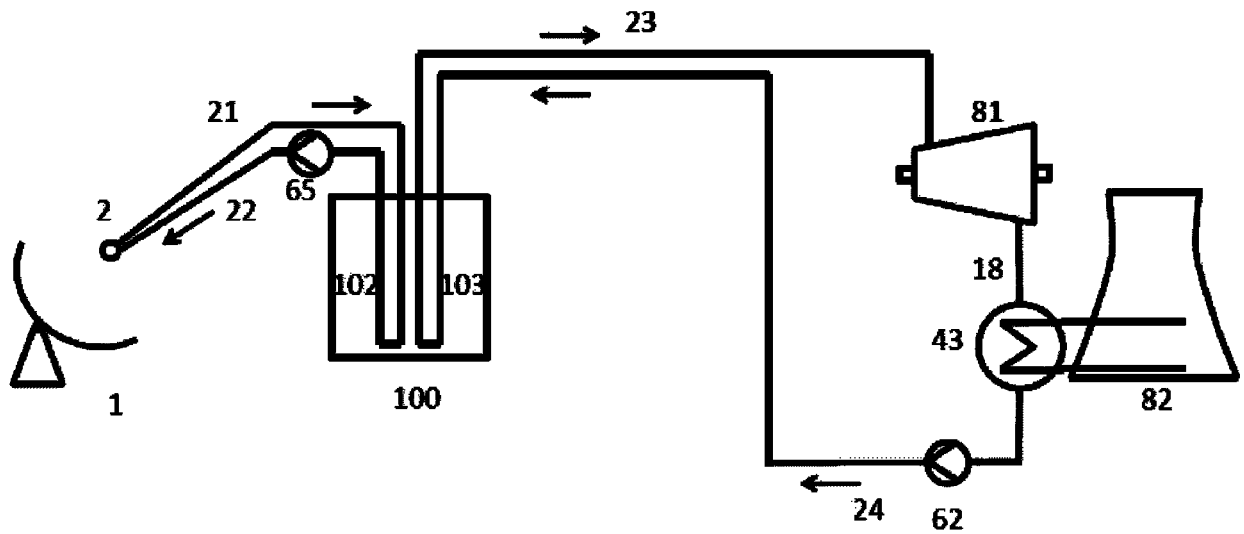


Fig 6

Fig. 6 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen så vel som varmeutvinningsprosessen til en CSP installasjon eller lignende ifølge den foreliggende oppfinnelsen hvor en type arbeidsfluid er brukt ved varmelagring i faststoff lageret og en annen type arbeidsfluid som for eksempel vanndamp er brukt ved varmeutvinning og påfølgende energiforbruk.

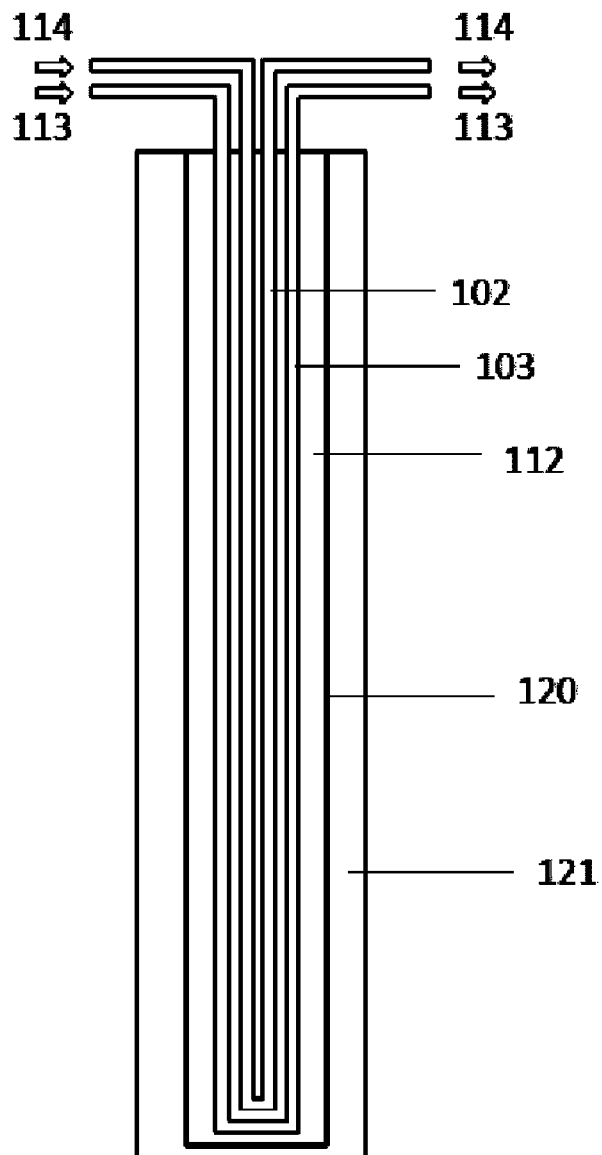


Fig 7

Fig. 7 viser en varmeveksler for faststoff lageret hvor en type arbeidsfluid blir brukt til varmelagring og en annen type arbeidsfluid blir brukt til varmeutvinning fra lageret.

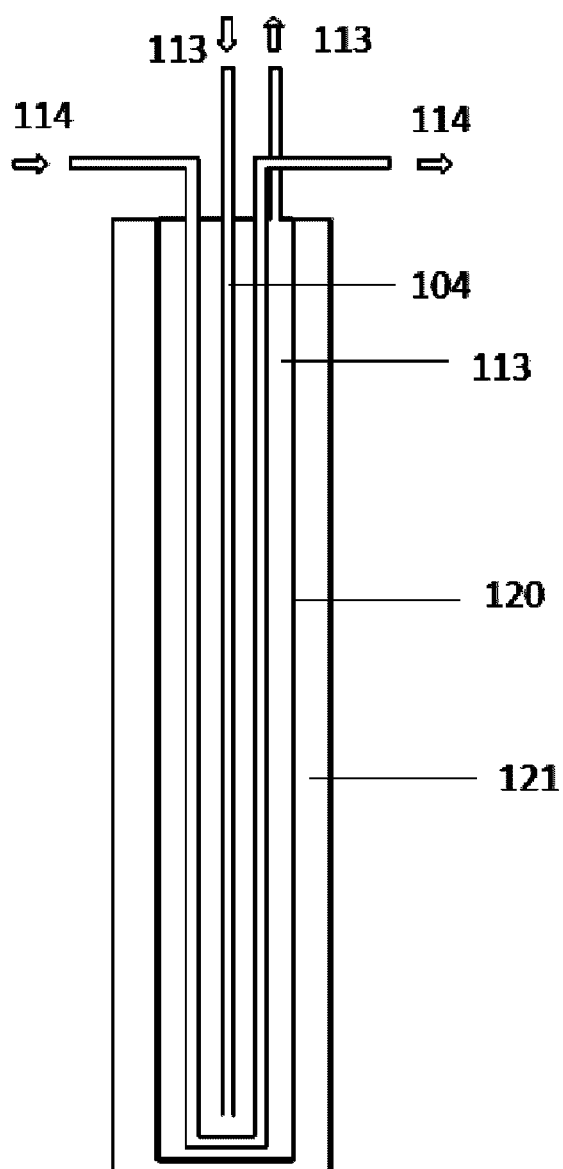


Fig 8

Fig. 8 viser en varmeveksler for faststoff lagerbeholder hvor en type arbeidsfluid blir brukt til varmelagring så vel som varmevekslerfluidet i faststoff lageret og en annen type arbeidsfluid blir brukt til varmeutvinning fra lageret.

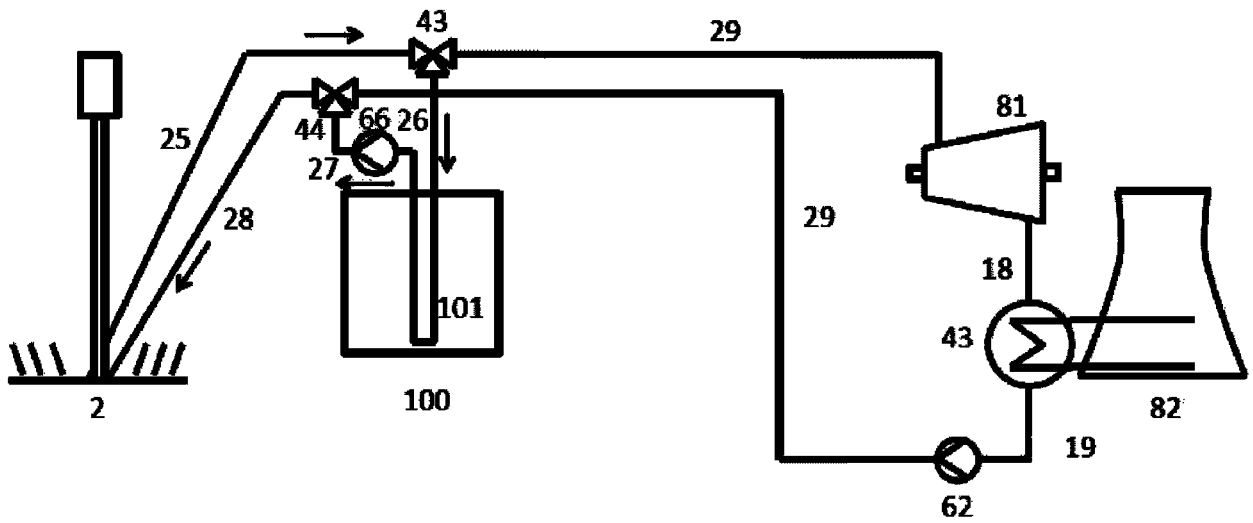


Fig 9

Fig. 9 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen av en CSP installasjon eller lignende anlegg i følge oppfinnelsen, hvor den varmegenererende enheten produserer damp som blir brukt til å transportere varme til faststoff lageret direkte.

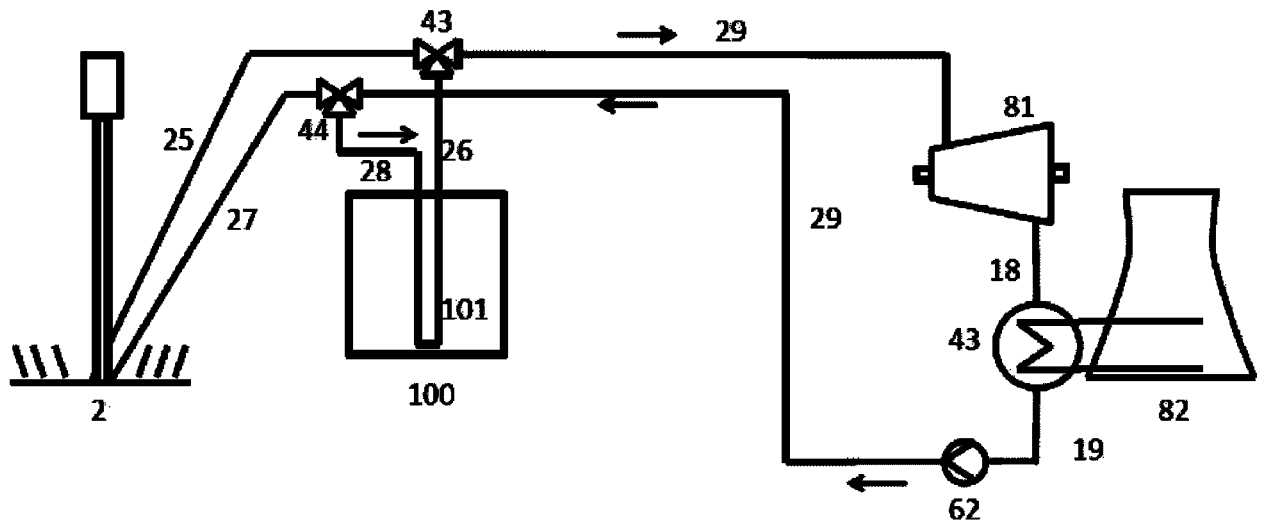


Fig 10

Fig. 10 viser et prosessdiagram for varmelagringsprosessen til en CSP installasjon og et lignende anlegg i følge oppfinnelsen, hvor varmeutviklingsenheten produserer damp som blir brukt til å overføre varme til faststoff lageret direkte og hvor vanndamp også blir brukt til varmeutvinning og påfølgende energiforbruk.