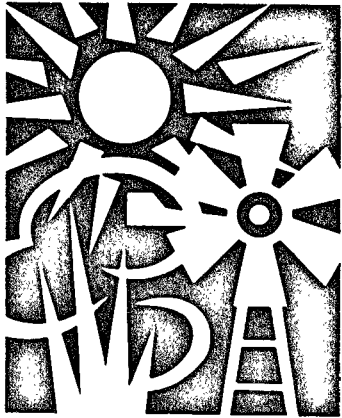




Distr.
LIMITED

E/CONF.35/G/9/SUMMARY
10 April 1961

ORIGINAL: ENGLISH



UNITED NATIONS
CONFERENCE
ON NEW SOURCES
OF ENERGY

CONFÉRENCE
DES NATIONS UNIES
SUR LES SOURCES NOUVELLES
D'ÉNERGIE

SOLAR ENERGY, WIND POWER AND GEOTHERMAL ENERGY

ÉNERGIE SOLAIRE, ÉNERGIE ÉOLIENNE ET ÉNERGIE GÉOTHERMIQUE

Agenda item - Point de l'ordre du jour:

- II.A.2 (b) - Harnessing of geothermal energy and geothermal electricity production-utilization of geothermal energy for power production

Exploitation de l'énergie géothermique et production d'électricité au moyen de l'énergie géothermique:

Utilisation de l'énergie géothermique pour la production d'électricité

PROPOSED 15-MEGAWATT GEOTHERMAL POWER STATION
AT HVERAGERDI, ICELAND

By Sveinn S. EINARSSON
State Electricity Authority, Iceland

PROJET DE CENTRALE GEOTHERMIQUE
DE 15.000 KW A HVERAGERDI, ISLANDE

Par Sveinn S. EINARSSON
Autorité nationale de l'électricité, Islande

PAPERS HAVE BEEN CONTRIBUTED TO THE UNITED NATIONS CONFERENCE ON NEW SOURCES OF ENERGY BY INVITATION AND ARE FOR DISTRIBUTION AS WORKING PAPERS FOR THAT CONFERENCE. THEY ARE PUBLISHED AS PRESENTED BY THE AUTHORS, AND THE CONTENTS AND THE VIEWS EXPRESSED ARE THOSE OF THE AUTHORS.

(See notes overleaf)

LES AUTEURS ONT PRÉSENTÉ SUR INVITATION À LA CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES SUR LES SOURCES NOUVELLES D'ÉNERGIE DES MÉMOIRES QUI SERONT DISTRIBUÉS COMME DOCUMENTS DE TRAVAIL DE LA CONFÉRENCE. CES MÉMOIRES SONT PUBLIÉS TELS QUE LES AUTEURS LES ONT RÉDIGÉS ET LES VUES QU'ILS CONTIENNENT SONT CELLES DES AUTEURS.

(Voir notes au verso)

NOTES

1. The working languages of the Conference are English and French. All papers contributed are reproduced in one or other of these two languages. Where a paper has been reproduced in both working languages for the convenience of a rapporteur, both language versions are provided as part of the Conference documentation.

2. Where any paper has been contributed in one of the official languages of the UN other than English or French, then it has been made available to the conference in that language. A translation of such papers in either English or French (according to the request of the relevant rapporteur) is provided.

3. Summaries of all papers, as presented by the authors, will be available in both working languages—English and French. Summaries will not include diagrams and photographs and should be read in conjunction with the paper proper, which will bear the same reference number as the summary.

4. Papers and summaries will not be generally available for distribution to other than participants and contributors to the Conference until after the Conference, under publication arrangements to be announced.

1. Les langues de travail de la Conférence sont l'anglais et le français. Tous les mémoires présentés sont reproduits dans l'une ou l'autre de ces deux langues. Lorsqu'un mémoire est reproduit dans les deux langues de travail sur la demande d'un rapporteur, la version anglaise et la version française du mémoire font toutes deux parties de la documentation de la Conférence.

2. Lorsqu'un mémoire est présenté dans une langue officielle de l'ONU autre que l'anglais ou le français, il est publié dans cette langue. Les mémoires appartenant à cette catégorie sont en outre publiés en traduction anglaise ou française (selon la demande du rapporteur chargé du sujet considéré).

3. Des résumés de tous les mémoires, établis par les auteurs eux-mêmes, seront publiés dans les deux langues de travail: anglais et français. Les résumés ne contiendront ni diagrammes ni photographies, et il conviendra de les rapprocher du mémoire lui-même, qui portera le même numéro de référence que le résumé.

4. Les mémoires et les résumés ne pourront en général être distribués à des personnes autres que les participants et les auteurs qu'après la Conférence et selon des modalités de publication qui seront annoncées ultérieurement.

SUMMARY

The natural power resources of Iceland are hydro power, mostly in glacial rivers, estimated as 30 terawatthours per year whereof upto 20 terawatthours per year are economically feasible for developement, and geothermal power estimated as 20.000 teracalories per year steady heatflow and a heat reservoir of one million teracalories.

With view on the limited generating plant in the country (present power production 500 gigawatthours per year) and the fact that hydro power can hereafter only be developed in relatively large units, geothermal power is now being considered as a convenient alternative to hydro power, as it can be developed in more suitable steps.

Exploratory drilling for natural steam has been carried out in two steam fields, and the Hengill area has been selected as site for a proposed 15 megawatt power station. Eight steam wells near the Hveragerdi village, varying in depth from 300-1200 m yield a total of over 250 tons per hour of steam at 5 kg per sq cm gauge and 1300 tons per hour of hot water. Table 1 and figures I, II, III, IV and V, give information on the wells, their flow characteristics and temperature.

Some physical and chemical data on the discharged water are given in table 2, and table 3 shows the content of non-condensable gases in the steam, which is low.

Preliminary qualitative description of the results of surface corrosion tests on some metals and protective coatings in wet geothermal steam, dry steam, aerated dry steam and condensate of dry steam are given in table 4. The cuprous materials have been particularly susceptible to attack, and the presence of oxygen has greatly accelerated the corrosion, but some protective coatings have given remarkable protection. Tests of stress corrosion cracking are in progress. No serious corrosion problems are anticipated if proper materials are used. An operating pressure of 5 kg per sq cm gauge is proposed on the wells and a turbine inlet pressure of 3.5 kg per sq cm gauge by a compromise between various factors such as the wetness in the last turbine stages, flow characteristics of the wells and the cost of the equipment, refer paragraph 8. The use of Condensing turbines are planned with a condenser pressure of 0.07 kg per sq cm absolute. A rapid calciting process has been observed in some steamwells at Hveragerdi at 40-90 m depth reducing the yield to less than 50% in 80 days in one instance.

The effect of this and possible interference between the wells on the yield of individual wells when the station is running under full load is discussed (paragraph 9) and the conclusion arrived at that the available nominal flow of steam (as determined by testing of single wells) must be 2- 2.5 times the steam consumption of the station.

The disposal of waste heat offers some problems with view on farming (greenhouses, haycrop) in the neighbourhood. About 20,000 kcal per sec from the station condensers and 40,000 kcal per sec in hot waste water from the wells (only the primary steam fraction separated at well head pressure 5 kg/sq cm will be used in the first stage of the station) will have to be disposed of to a small river with trout fishing and the atmosphere. The condensers will be cooled with river water supplemented with spray cooling of recirculated cooling water when the river flow is low. The waste water from the wells will be cooled in suitable atmospheric cooling towers.

A proposed site plan for the station is shown on figure VI. The steam will probably be conveyed to the station by a radial piping system connecting single wells or pairs of wells direct to the station main steam header rather than by using large diameter trunk pipes. Two turboalternator units of 8.5 megawatts rating with single cylinder double flow turbines and barometric condensers are planned. Non-condensable gases will be exhausted by steam or water jets. Other auxiliaries will be electrically driven.

The capital costs of the station is estimated as U.S.\$ 364.00 per net kw installed, and the cost of the generated energy as 7.9 mills per net kwhr in base load operation. These figures indicate that the station will be competitive both as regards capital expenditures and generation costs with hydro stations with less than 40 megawatts output in Iceland. Break down of the cost estimates is found in tables 5 and 6.

The efficiency of the utilization of the heat discharges from the wells is estimated to be only 5-6% but could be raised to about 8 % if flashing of the waste hot water would be carried out at atmospheric pressure, and significantly higher if the water could be used for space heating.

PROJET DE CENTRALE GEOTHERMIQUE DE 15.000KW A HVERAGERDI, ISLANDE

par Sveinn S. Einarsson

Autorité nationale de l'électricité, Islande

Résumé

Les ressources d'énergie naturelle sont constituées en Islande par la houille blanche, représentée au premier chef par des cours d'eau à régime glaciaire, capable de fournir 30×10^{12} watts/h par an, dont un maximum de 20 peuvent être mis en oeuvre économiquement, ainsi que par des ressources en énergie géothermique évaluées à 20.000×10^{12} calories par an en débit continu et une réserve de quelque 10^{18} calories.

Eu égard au fait que le pays ne dispose actuellement que d'une puissance installée restreinte (production actuelle d'énergie 500×10^9 watts/h par an) et compte tenu de la nécessité de ne développer l'aménagement des disponibilités de houille blanche à l'avenir qu'en tranches relativement importantes, on voit actuellement dans l'énergie géothermique une source d'énergie commode pour le remplacement de ladite houille blanche, car sa mise en oeuvre peut s'effectuer par paliers plus commodes.

On a procédé à des forages exploratoires à la recherche de vapeur naturelle dans deux gîtes et la zone de Hengill a été choisie comme devant être le site de la centrale de 15.000 kW. Huit puits

de vapeur situés près du village de Hveragerdi, dont les profondeurs s'échelonnent entre 300 et 1.200 m, fournissent un total de plus de 250 tonnes de vapeur à l'heure sous une pression de 5 kg/cm au manomètre et 1.300 tonnes d'eau chaude. La table I donne des renseignements, avec les figures I, II, III, IV et V, sur les puits, les caractéristiques de leur débit et leur température.

On trouvera, en table 2, certaines données physiques et chimiques sur l'eau qu'ils fournissent. La table 3 indique la teneur de la vapeur en gaz non condensables, laquelle est faible.

On trouvera, en table 4, une description qualitative préliminaire des résultats des essais de corrosion superficielle effectués avec certains métaux et diverses couches de protection dans la vapeur géothermique humide, la vapeur sèche, la vapeur sèche aérée et les produits de condensation de la vapeur sèche. Les matériaux à base de cuivre se sont montrés particulièrement sensibles à cette attaque et la présence d'oxygène a notablement accéléré la corrosion mais il existe des couches protectrices qui sont remarquablement efficaces. On procède à des essais sur les fêlures sous tension dues à la corrosion. On ne s'attend pas à se heurter à des problèmes graves de corrosion à condition d'utiliser des matériaux convenables. On suggère, à la bouche des puits, une pression₂ de travail de 5 kg/cm² au manomètre, avec une pression de 3,5 kg/cm² à l'admission des turbines, en aboutissant à un compromis entre divers facteurs tels que le degré d'humidité dans les derniers étages des turbines, les régimes de débit des puits et le prix du matériel. On consultera à ce sujet avec profit le paragraphe 8. On envisage l'emploi de turbines dotées de condenseurs où règne une pression de 0,07 kg/cm en valeur absolue. On a observé, dans certains des puits de vapeur de Hveragerdi, un phénomène d'accumulation rapide de calcite à une profondeur comprise entre 40 et 90 m, qui en ramena le débit à moins de 50% de la normale en 80 jours dans un cas.

On passe l'effet de ce phénomène en revue, ainsi que celui des interactions entre puits qui ont des répercussions susceptibles d'en modifier le débit une fois que la centrale donnerait à charge complète (paragraphe 9) et on aboutit à la conclusion que le débit nominale-ment disponible de vapeur (ainsi qu'il pourra être établi par des essais sur les puits individuels) doit être égal de 2,0 à 2,5 fois la consommation de vapeur de la centrale.

La manière de se débarrasser de la chaleur perdue présente quelques problèmes en liaison avec l'activité agricole de la région (serres, récoltes de foin). Il faudra rejeter à une petite rivière (où se fait la pêche à la truite) et à l'atmosphère, un total de 20.000 kilocalories par seconde environ, en provenance des condenseurs de la centrale, plus 40.000 kilocalories par seconde sous forme d'eau chaude sortie des puits (on ne se servira, en effet, que de la fraction constituée par la vapeur primaire à une pression de 5 kg/cm^2 au manomètre à la bouche des puits pour la première tranche à réaliser). Les condenseurs seront refroidis par de l'eau de rivière et par un système de pulvérisation de l'eau de circulation qui sera remise en circuit aux périodes de faible débit de cette rivière. L'eau fournie par les puits sera refroidie dans des colonnes de refroidissement atomosphérique convenables.

On voit, en figure VI, le plan d'un aménagement projeté. La vapeur sera sans doute amenée à la centrale par un système radial de tuyauteries reliant directement des puits individuels ou des paires de puits au collecteur de vapeur principal de cette centrale, plutôt que par des conduites de fort diamètre. On envisage l'installation de deux turbo-alternateurs de 8.500 kilowatts, dont les turbines seront à double écoulement et à un seul cylindre, avec condenseurs barométriques. Les gaz non-condensables seront éjectés par des jets de vapeur ou d'eau. Les autres auxiliaires seront commandés par l'électricité.

Les frais de premier établissement afférents à la centrale sont évalués à 364 dollars par kilowatt net installé, le prix de l'électricité ainsi produite s'établissant à 7,9 millièmes de dollar par kw/h net pour l'exploitation à la charge de base. Ces chiffres indiquent que la centrale sera capable de faire concurrence aux installations classiques, tant du point de vue des frais de premier établissement que de celui de la production de courant, pour autant que ces installations, lesquelles, en Islande sont du type hydro-électrique, soient de moins de 40.000 kw. Les tables 5 et 6 présentent les détails des évaluations.

Le rendement d'utilisation de la chaleur débitée par les puits n'est évalué qu'à 5 ou 6%, mais il pourrait être porté à 8% si on vaporisait rapidement les eaux chaudes de rebut à la pression atmosphérique, voire à une valeur nettement supérieure si on pouvait se servir de l'eau pour le chauffage des locaux.

