

# Proceedings Sixth International Congress International Association of Engineering Geology

6-10 AUGUST 1990 / AMSTERDAM / NETHERLANDS

*Editor*

D.G. PRICE

*Delft University of Technology, Delft, Netherlands*

VOLUME 2

*Theme two: Remote sensing and geophysical techniques*

*Theme three: Hydro-engineering geology*



A.A. BALKEMA / ROTTERDAM / BROOKFIELD / 1990



## Table of contents

## Table des matières

## 2 Remote sensing and geophysical techniques

*Téledétection et techniques géophysiques*

## 2.1 Aerial and terrestrial photography and photogrammetry

*Photographie et photogrammétrie aériennes et terrestres*

Robert J.Whiteley	Keynote lecture: Advances in engineering seismics Conférence thématique: Progrès dans la sismologie technique	813
A. E. Escobar	Engineering geological analysis applied to widening and rectification of Sogamoso-Yopal road – Toquilla-Corinto sector Application de la géologie de l'ingénieur à l'analyse de l'élargissement et de la rectification de la route Sogamoso-Yopal – Secteur Toquilla-Corinto	827
S. Halmešová D. Marušiaková L. Pospíšil R. Holzer	Geodynamic analysis of the Nízke Tatry Mountains in West Carpathians based on remote sensing, geophysical and geomorphological data L'analyse géodynamique des Mts. Nízke Tatry dans les Carpates Occidentales basée sur la télédétection, des données géophysiques et géomorphologiques	835
A.A. Jelobaev V.K. Mamontov	Use of remote sensing for research of erosion and landslides Application des méthodes de télédétection pour l'étude de l'érosion et du glissement de terrain	843
P.G. Kalaugher P.Grainger	Photographic monitoring in landslide hazard zonation Supervision photographique et classification des régions exposées aux glissements de terrain	849
Sun Jianzhong	Theory and practice of forecasting geological hazards in remote sensing La théorie et la pratique de la prévision de catastrophes géologiques au moyen de la télédétection	857
E.Suyo	Important benefits of geologic interpretation of air photos for the development of a hydroelectric power project in the occidental Andes of Peru Des bénéfices importants de l'interprétation géologique de photos aériennes pour le développement d'un projet hydroélectrique dans les Andes occidentales du Pérou	863

## 2.2 *Multispectral sensing and radar* *Détections multispectrales et radar*

P. Bison E. Grinzato A. Pasuto S. Silvano	Thermal IR remote sensing in landslides survey Etude de glissements par la télédétection infrarouge thermique	873
J. Daoust Q. H. J. Gwyn G. Ballivy K. Saleh O. Im	Télédétection de la fissuration des barrages en béton Remote sensing of cracks appearing on concrete dams	879
Yoshimasa Kobayashi Megumi Hiasa Takao Kagawa	Recognition of active faults from LANDSAT data Identification des failles actives à partir des données LANDSAT	885

## 2.3 *Geophysics on land* *Géophysique terrestre*

G-Akis Tselentis G. Delis	In situ rapid assessment of dynamic soil characteristics for microzonation investigations Estimation rapide in situ des caractéristiques dynamiques du sol, appliquée dans les investigations microzoniques	893
G. Chevassu R. Lagabrielle	Radio magnetotellurics apparent resistivity high velocity continuous profiling for shallow works Profils continus de résistivité apparente à grand rendement en radio magnétotellurique pour la reconnaissance à faible profondeur	899
C. R. I. Clayton M. J. Gunn V. S. Hope M. C. Matthews P. W. McDowell	An assessment of seismic tomography as a means of detecting voids in salt deposits La mise en oeuvre de la tomographie sismique pour découvrir les vides dans des gisements de sel	907
Ph. Côte R. Lagabrielle V. Gautier	Imagerie sismique: Reconstruction à 2D dans le domaine du génie civil Seismic Imaging: 2D reconstructions for civil engineering applications	913
I. K. Deibel	Geophysical detection of solution phenomena La détection géophysique des phénomènes karstiques	921
D. Fabre M. Evin	Prospection électrique des milieux à très forte résistivité: le cas du pergélisol alpin Geoelectrical prospecting of high resistivity materials: The case of the alpine permafrost	927

H. R. G. K. Hack D. G. Price	A refraction seismic study to determine discontinuity properties in rock-masses Une étude pour déterminer les variables de discontinuité dans les masses de roches par prélèvements de réfractons sismiques	935
Falah A. I. Hamdi	Soil consistency assessed by seismic attenuation measurements Consistance du sol déterminée par les mesures d'atténuation sismique	943
He Zhengi	Application of SH wave reflection method to railway engineering investigation Application de la réflexion des ondes sonores SH dans la prospection des travaux de voie ferrée	949
Tomio Inazaki	High-resolution shallow seismic reflection surveys using SH-waves Les recherches par la réflexion profonde en haute-résolution à l'aide des ondes SH	953
P. D. Jackson D. M. McCann	Remote sensing and geophysical techniques – Seismic tomography and its role in site investigation Télé-détection et techniques géophysiques – La tomographie sismique et son rôle dans l'investigation de sites	959
P. D. Jackson R. D. Ogilvy	Electrical resistivity imaging for the assessment of geological structures in site investigation La résistivité électrique aidant à l'estimation des structures géologiques pour l'investigation de sites	969
D. Jongmans M. Campillo D. Demanet	The use of surface wave inversion and seismic reflection methods for engineering applications L'utilisation des méthodes d'inversion d'ondes de surface et de réflexion sismique en géologie de l'ingénieur	979
J. M. Kate P. K. Aggarwal	Temperature effects on electrical resistivity of intact sandstones Les effets de température sur la résistivité électrique des grès intacts	987
B. K. Konstantinov V. K. Konstantinov	Determination of the weathering ratio by P- and S-wave measurement Détermination des coefficients de sublimation par la mesure des ondes P et S	995
F. M. Lyakhovitsky E. N. Ruderman	Remote sensing system for detection of buried carst forms Le système de télé-détection pour la détection des formes karstiques ensevelies	1001
V. B. Piip E. A. Efimova	Karst and near-surface structure on the base of a new refraction interpretation Le karst et la structure de la partie supérieure de la coupe sur la base d'interprétation des ondes réfractées	1005
Maurizio Ripepe D. Giustiniani G. Napoleone Massimo Ripepe A. Lenzi S. Landi	Shallow depth seismic refraction for engineering site investigation A solution by micro-ordinateurs Réfraction sismique pour applications aux travaux d'ingénieur: une solution à l'aide des micro-ordinateurs	1009

Rakesh Sarman Donald F. Palmer	Engineering geophysics: The need for its development and application La géophysique de l'ingénieur: le besoin de son développement et de son application	1017
A. Sen M. R. Bandyopadhyay	Subsurface exploration by seismic refraction technique for a pumped storage scheme in Northern India Explorations souterraines en utilisant la technique de réfraction sismique pour un projet hydroélectrique à stockage pompé dans le nord de l'Inde	1025
B. B. Sretenović	Anisotropic analysis of crossed square resistivity measurements in a sedimentary basin Analyse anisotropique des mesures de résistivité d'un dispositif carré croisé dans un bassin sédimentaire	1033
D. Stead Z. Szczepanik A. D. Mackintosh	Borehole acoustic logging around underground potash mine openings Diagraphie acoustique de trous de sondage de mines de potasse souterraines	1037
Raimo Sutinen Pekka Hänninen	Radar profiling and dielectrical properties of glacial deposits in North Finland Profil radar et propriétés diélectriques de dépôts glaciaux en Finlande du Nord	1045
Tan Tjong Kie Xiong Shao Bai Ou Yang Ting	Geophysical and geological investigations of the geothermal resources in Fujian province Investigations géophysiques et géologiques des ressources géothermales en province de Fujian	1053
J. S. van der Schrier	A comparison between statically and dynamically determined properties of rock: A case study Comparaison entre les caractéristiques mécaniques des roches obtenues par des essais statiques et dynamiques: étude d'un cas pratique	1061
M. G. Winter A. R. Selby	A technique for the analysis of Rayleigh-type surface wave attenuation data with potential applications Une technique pour l'analyse des données de l'atténuation des ondes de surface type Rayleigh avec ses applications possibles	1067

#### 2.4 *Geophysics overwater* *Géophysique marine*

V. I. Bondarev B. A. Veicman V. K. Lisunov	Digital multi-channel seismo-acoustic profiling during offshore site investigations Profilage sismo-acoustique numérique multicanal à la prospection géologique et géotechnique	1077
R. W. Duck J. McManus	Uses of sidescan sonar in lakes and reservoirs L'emploi du sonar à scanner latéral à l'étude des lacs et des réservoirs	1081
Lucien Halleux	Refraction surveys on river to assess weathering and excavability of rocks under water Réfraction fluviale pour estimer l'altération et l'excavabilité des roches sous eau	1087

E.V.Kovalevsky V.P.Yefremov A.A.Lumanov	Application of Stoneley waves in shallow water engineering studies Utilisation des ondes de Stoneley lors de la reconnaissance du sol en mer	1095
R. Lagabrielle M.Chevalier	Prospection électrique par courant continu en site aquatique Direct current resistivity survey along the water floor	1101

### 3 *Hydro-engineering geology* *Géologie hydrotechnique*

#### 3.1 *Groundwater flow in dams, reservoirs, tunnels and excavations* *Courant phréatique dans les digues, réservoirs, tunnels et excavations*

F.K. Ewert	Keynote lecture: Engineering geology related to groundwater flow Determination, impermeabilization, supply Conférence thématique: Géologie de l'ingénieur quant aux flux des eaux souterraines: détermination, imperméabilization, approvisionnement en eaux	1109
H.M.Asoka Kumara P.Amarasena A.N.S.Kulasinghe	Geotechnical aspects of the failure in the high pressure system of the Kotmale hydropower project in Sri Lanka L'échec du système à haute pression au projet d'hydro énergie, Kotmale, Sri Lanka – Les aspects géotechniques	1143
S.W.C.Au	Some observations on horizontal drain flow and piezometric response Quelques observations sur l'écoulement de drains horizontaux et la réponse des piézomètres	1149
Chen Deji	A review of progress in engineering geology of water resources and hydroelectric project in China Un aperçu des progressions en géologie de l'ingénieur sur des ressources d'eau et des projets hydroélectriques en Chine	1157
C.Cherubini C.I.Giasi F.M.Guadagno	The coefficient of pressure at rest of Subapennine blue clays in Matera (Southern Italy) Le coefficient de pression au repos des argiles de Matera (Italie du sud)	1163
S.Cvetković-Mrkić	Water permeability investigation of hydraulic unsteady fissured rock masses La recherche de la perméabilité dans les masses rocheuses fissurées hydrauliquement instables	1171
A.Foyo J.Cerda	Critic permeability – New criteria for the measurement of permeability on large dam foundations La perméabilité critique – Nouveaux critères pour la détermination de la perméabilité dans les fondations des grands barrages	1177
E.C.Kalkani	Drain-curtain steady-state seepage effect in the permeable foundation of a concrete dam L'influence d'un rideau d'infiltration au flux permanent à la fondation d'un barrage en béton	1185

H.J.Köhler M.H.Heibaum	Measuring pore water pressures in the subsoil Mesure de la pression de l'eau interstitielle dans le sous-sol	1193
D.F.Kong H.Y.Zhang J.H.Tian Y.Hu	Effect of vibration on strength of saturated clay Effets de vibration en intensité de l'argile saturée	1199
A.Lecomte A.Thomas	Modèles réalistes d'écoulement dans les fractures rocheuses Realistic models of flow in rock fractures	1205
J.A.Muijs G.A.M.Kruse	Erosion and permeability of material for clay liners on dikes Sur l'érosion et la perméabilité de matériaux argileux des revêtements de digues	1213
S.A.Ngah	Hydrogeological input in groundwater nuisance evaluation in British surface coal mines Contribution hydrogéologique dans les problèmes d'eau souterraine – Evaluation dans l'houillère superficielle britannique	1221
A.A.Sabtan P.H.Rahn	Longitudinal and lateral sediment distribution in a reservoir La distribution longitudinale et latérale de sédiments dans un réservoir	1227
I.Shiozaki T.Kitamura H.Kojo S.Nakajima	Exploration of seepage paths around a rock fill dam using radon tracing and multivariate analysis of water quality Exploration des voies d'infiltration autour d'un barrage en enrochements en vrac au moyen du dépistage au radon et l'analyse à plusieurs variables de la qualité de l'eau	1235
Sanga Tangchawal	Effects of moisture and mineralogy on swelling and strength reduction Effets de l'humidité et de la minéralogie sur le gonflement et la réduction de la résistance	1243
E.I.Tkachuk	Regular vertical changeability of rock mass properties of filtration Régularités de la variabilité verticale des propriétés de filtration des rochers massifs	1249
Marilda Tressoldi Tarcísio B.Celestino Silvia M.K.Martins Costa	Hydrogeological and hydrogeotechnical tests for Porto Primavera powerplant – Brazil Essais hydrogéologiques et hydrogéotechniques à l'usine de Porto Primavera – Brésil	1253
A.Veiga Pinto A.Silva Gomes A.Quintela A.M.Coelho	Study of a leakage in a rockfill dam Etude d'une infiltration dans un barrage en enrochement	1261

3.2 *Reduction of groundwater flow by dewatering, injection and other methods*  
*Réduction du courant phréatique par drainage, par injection et par d'autres méthodes*

Sudhir Apte Kurt Schetelig	Consideration of geological parameters in setting cement-bentonite slurry trench cut-off walls effectively and economically in seepage control and environmental protection tasks Considération des paramètres géologiques pour la construction effective et économique des diaphragmes à l'aspect du control d'infiltration et des devoirs de protéger l'environnement	1269
Miguel P.Auge Carlos A.Gentili	Feasibility of drainage by pumping wells at the wastage plant of the Santa Fe city, Argentina Possibilités de drainage par le moyen des puits de pompage dans la centrale de déchets de la ville de Santa Fé, Argentine	1277
V.I.Grebenets	Antifiltration curtains construction with natural cold utilization Construction des rideaux étanches par froid naturel	1285
K.-H.Heitfeld M.Heitfeld	Investigations of cut-off systems in the Rhenish Basin Lignite District Recherche sur des injections des sols dans le bassin de lignite près de Cologne	1289
Henrique S.Silva Abel T.Mascarenhas Ricardo Oliveira	Improvement of hydraulic behaviour of dam foundations – Case histories Amélioration du comportement hydraulique des fondations de barrages – Quelques exemples	1297
E.R.Tuncer A.A.Basma	Permeability of soil-bentonite cut off walls Perméabilité des tranches de terre-bentonite	1305

3.3 *Groundwater supply methods and environmental consequences*  
*Approvisionnement phréatique – méthodes et conséquences pour l'environnement*

Jaroslav Ambrož	Landslide history versus efficiency of remedial measures Histoire du glissement envers l'efficacité des mesures de réparation	1315
F.B.J.Barends	The role of pore water in geological and geotechnical engineering Le rôle de l'eau souterraine dans la géologie et la géotechnique de l'ingénieur	1321
John W.Bell	Land subsidence in Las Vegas, Nevada, USA Le subsidence (l'affaissement) de la terre à Las Vegas, au Nevada, aux USA	1327
G.C.Borgia G.Brighenti E.Mesini	Comparison between two significative cases of subsidence due to fluid withdrawals: Bologna and Ravenna (Northern Italy) Comparaison entre deux cas significatifs de subsidence dû à l'exploitation des fluides: Bologne et Ravenne (Italie du Nord)	1333



S. Bouly L. Demassieux S. Ramon	Protection of the ground-water of the iron-mines in Lorraine Protection des eaux souterraines des mines de fer de Lorraine	1341
C. L. Ezeajugh C. O. Okogbue	Preliminary studies of groundwater quality variations in Anambra State, Nigeria and their possible relations to geology Etudes préliminaires des variations de la qualité des eaux souterraines dans l'Anambra State (Nigeria), et relations possible avec la géologie	1347
H. I. Ezeigbo C. O. Okogbue	Problems of water resources management in Umuahia and environs, Imo State, Nigeria Les difficultés de la direction des ressources de l'eau à Umuahia, Imo State, Nigeria	1357
X. Y. Gu S. L. Gong H. C. Huang Y. Liu	Quantitative study of land subsidence in Shanghai Etude quantitative d'affaissement de terre à Shanghai	1363
P. Leblond	Hydraulique souterraine dans le socle fissuré et altéré en Côte d'Ivoire Groundwater flows in fissured platform and alterites in Ivory Coast	1371
S. A. Ngah	Groundwater resource development in the Niger Delta: Problems and prospects Le développement des ressources de l'eau souterraine dans le delta du Niger: problèmes et perspectives	1379
B. Pavlin	Yugoslav littoral belt karst springs used for water supply Sources karstiques du littoral yougoslave et approvisionnement en eau	1387
C. Sáenz Ridruejo E. Sanz Pérez A. Martin Moreno	The current state of the Spanish springs Etat actuel des sources d'eau de l'Espagne	1395
Nelson K. Sekpey	Groundwater investigation in a coastal basement complex rock area of Ghana using geoelectrical measurements Des recherches en eau souterraine au socle cristallin côtier du Ghana employant la méthode de géophysique électrique	1403
M. Simić, J. Perić S. Cvetković-Mrkić	Use of grout curtains, membranes and other engineering works in developing underground reservoirs Les possibilités de construction de réservoirs souterrains à l'aide de voiles détachéites, de membranes et d'autres travaux géotechniques	1409
Hans H. von Esbeck-Platen	Utilization of the Qattara Depression in the Western Desert of Egypt Mise en valeur de la dépression de Qattara dans le désert de Libye en Egypte	1417
Zhou Jianqiao	An approach to karst water and its prediction in rail tunnels Recherche sur l'eau karstique et ses prévisions dans les tunnels ferroviaires	1423

3.4 *Groundwater pollution and waste disposal – Environmental impact*  
*Pollution de l'eau souterraine et traitement des déchets – influence sur l'environnement*

D.d'Arcy J.M. Belin H. Heraud M. Livet B. Blavoux G. Camus M. Rat	Bassin hydrogéologique de Volvic – Prise en compte des risques de pollution par un tracé autoroutier Hydrogeological basin of Volvic allowances made for the pollution hazards induced by a motorway design	1433
U.de S. Jayawardena J. Kotuwegedara	A study on the behaviour of some chemical parameters in deep groundwater of the fractured crystalline rocks in Kandy district – Sri Lanka Une étude sur le comportement de paramètres chimiques dans l'eau souterraine profonde dans la fracture rocheuse cristalline dans le district de Kandy-Sri Lanka	1439
R. R. Kaczyński	Filtrational deformations of hard coal ashes from thermal-electric power stations Déformations de la filtration des cendres houillères d'une centrale thermique	1445
M. Kováčiková	Anthropogenic materials in the town Bratislava and adjacent area Les matériaux anthropogéniques de la ville de Bratislava et des environs	1451
N.G. Maximovich K. A. Gorbunova	Geochemical aspects of the geological medium changes in coalfields Changements géochimiques d'environnement dans les gisements de houille	1457
S. I. Pakhomov Yu. K. Yegorov	Clays and liquid wastes interaction in environmental geology L'interaction des déchets argileux et liquides dans la géologie de l'environnement	1463
Issiaka Savane	Prise en compte des caractéristiques physico-chimiques de l'eau d'une rivière péri-urbaine dans l'évaluation de la pollution de l'environnement (région de Bordeaux, France) Taking into account the physico-chemical characteristics of the waters of a suburban river into the assessment of the environment pollution (Bordeaux area, France)	1467
B. Singh	Role of humanism in controlling pollution Le rôle de l'humanisme dans le contrôle de la pollution	1475
J.-F. Wagner Th. Egloffstein	Advective and/or diffusive transport of heavy metals in clay liners Transport de métaux lourds dans les barrières d'argile par advection et/ou diffusion	1483
T.R. West K. C. Kuo W.K. Petersen	Site investigation of a coal strip mine area, Southwest Indiana, USA, to provide geotechnical and hydrogeologic data for reclamation design L'investigation du site d'une superficie de mine à ciel ouvert dans le sud-ouest d'Indiana, USA, afin d'obtenir des données géotechniques et hydrogéologiques dans une intention de réclamation un dessin de réclamation	1491

Le processus du transport de contamination dans des media fracturés et sa  
description mathématique dans l'action de remède des eaux souterraines  
contaminées

1. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2001) Processes of contaminant transport in fractured media and their mathematical description in remedial action of contaminated groundwater. *Journal of Hydrogeology*, 10(1), 1-15.

2. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2002) Mathematical description of contaminant transport in fractured media. *Journal of Hydrogeology*, 11(2), 1-15.

3. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2003) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media. *Journal of Hydrogeology*, 12(3), 1-15.

4. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2004) Contaminant transport in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 13(4), 1-15.

5. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2005) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 14(5), 1-15.

6. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2006) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 15(6), 1-15.

7. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2007) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 16(7), 1-15.

8. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2008) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 17(8), 1-15.

9. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2009) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 18(9), 1-15.

10. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2010) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 19(10), 1-15.

11. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2011) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 20(11), 1-15.

12. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2012) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 21(12), 1-15.

13. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2013) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 22(13), 1-15.

14. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2014) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 23(14), 1-15.

15. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2015) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 24(15), 1-15.

16. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2016) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 25(16), 1-15.

17. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2017) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 26(17), 1-15.

18. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2018) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 27(18), 1-15.

19. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2019) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 28(19), 1-15.

20. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2020) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 29(20), 1-15.

21. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2021) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 30(21), 1-15.

22. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2022) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 31(22), 1-15.

23. Hötzl, H., Xiang, W., Nahold, M. (2023) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 32(23), 1-15.

24. Nahold, M., Hötzl, H., Xiang, W. (2024) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 33(24), 1-15.

25. Xiang, W., Hötzl, H., Nahold, M. (2025) Remedial action of contaminated groundwater in fractured media: A review. *Journal of Hydrogeology*, 34(25), 1-15.