« وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ»

Groundwater

By :

Hamed rezaei

Golestan University

version 3-2016

What's Hydrology ?

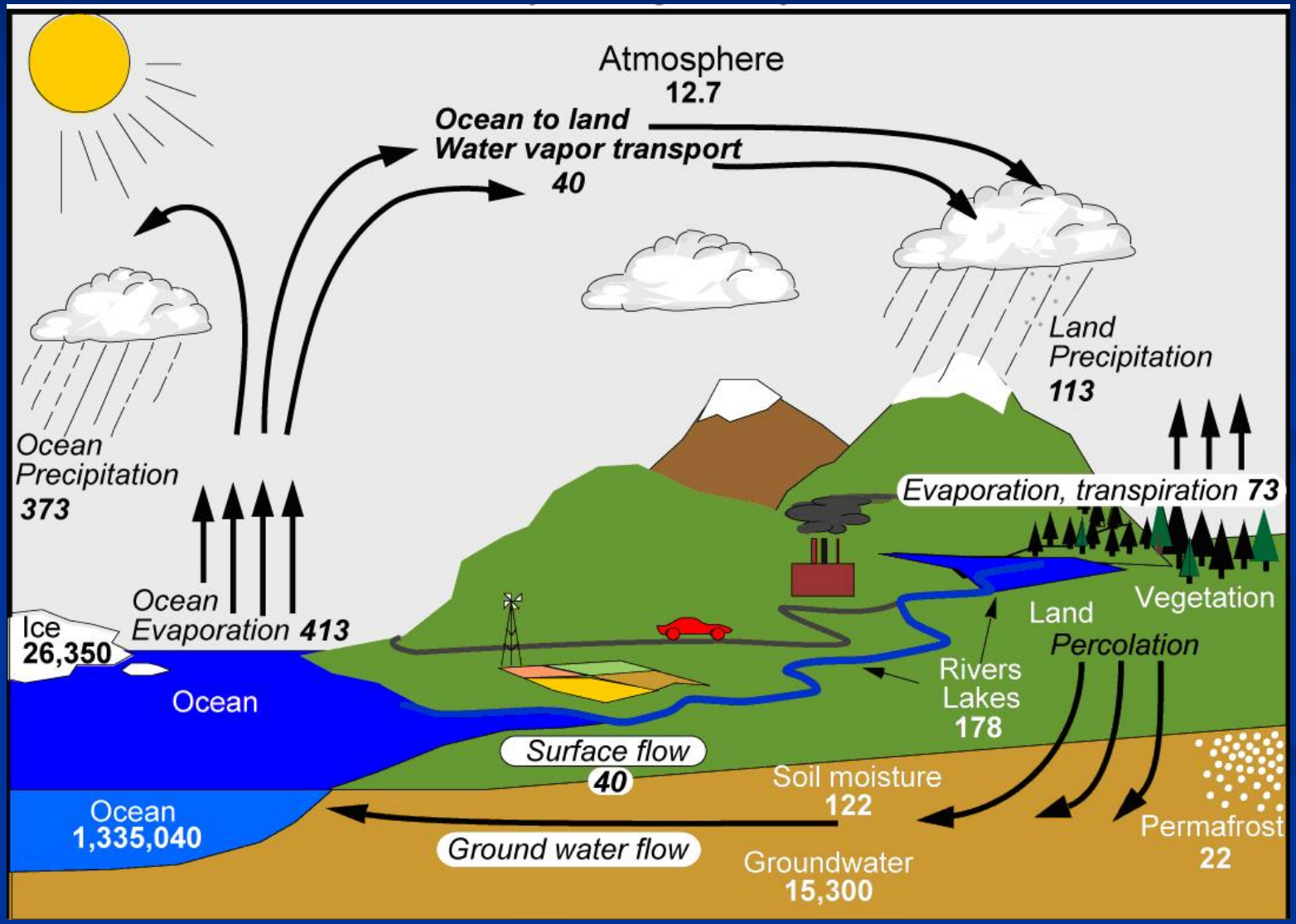
Hydrology is the science which deals with the waters of the earth, their occurrence, circulation and distribution on the planet, their physical and chemical properties and their interactions with the physical and biological environment, including their responses to human activity."

(UNESCO,1964)

زیرشاخه‌های هیدرولوژی

Hydrometeorology
Limnology
Cryology
Geohydrology
Hydrogeology
Potamology
Hydrography
Hydrometry
Oceanolography

Schematic view of hydrologic cycle

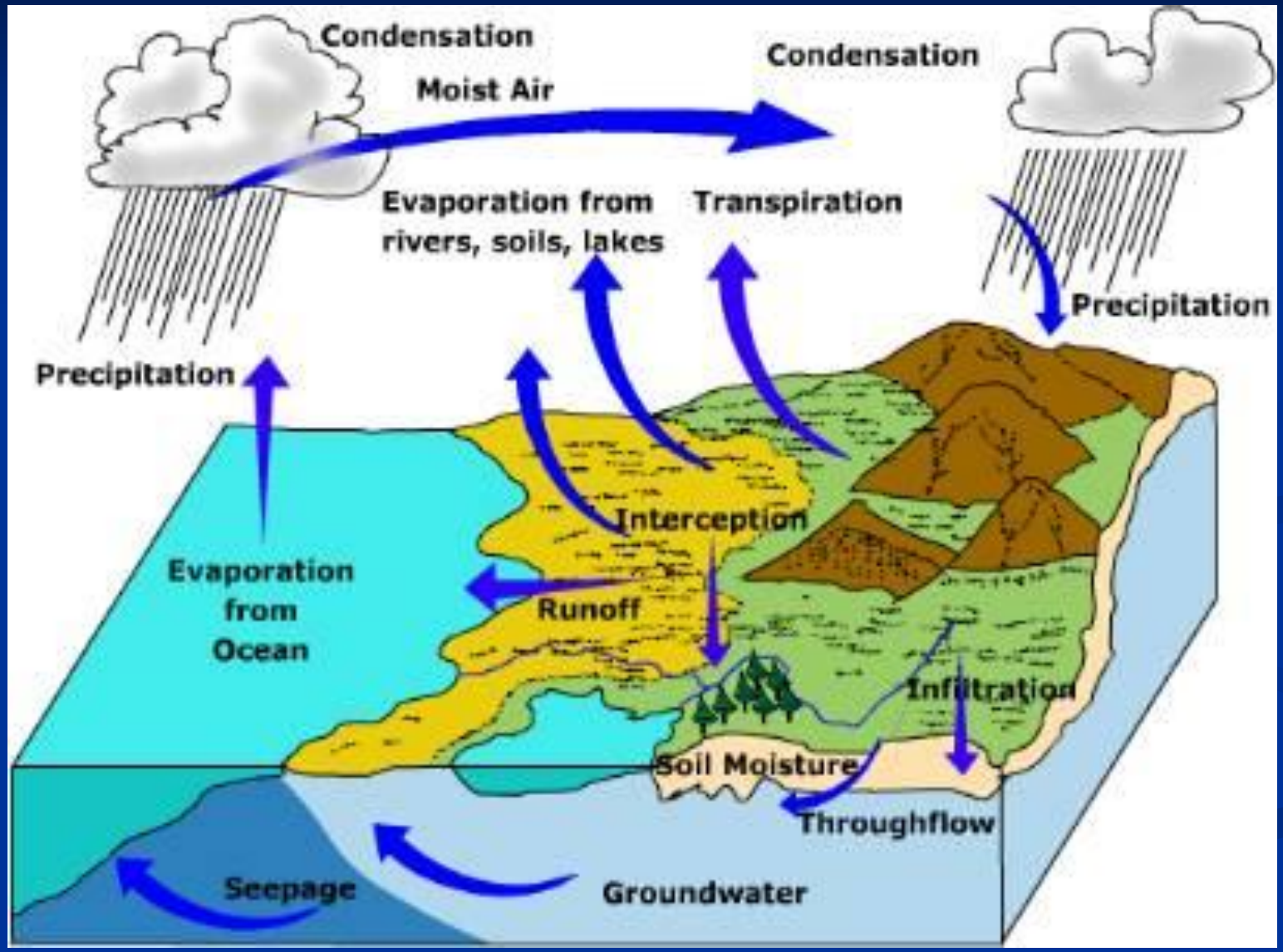


km3

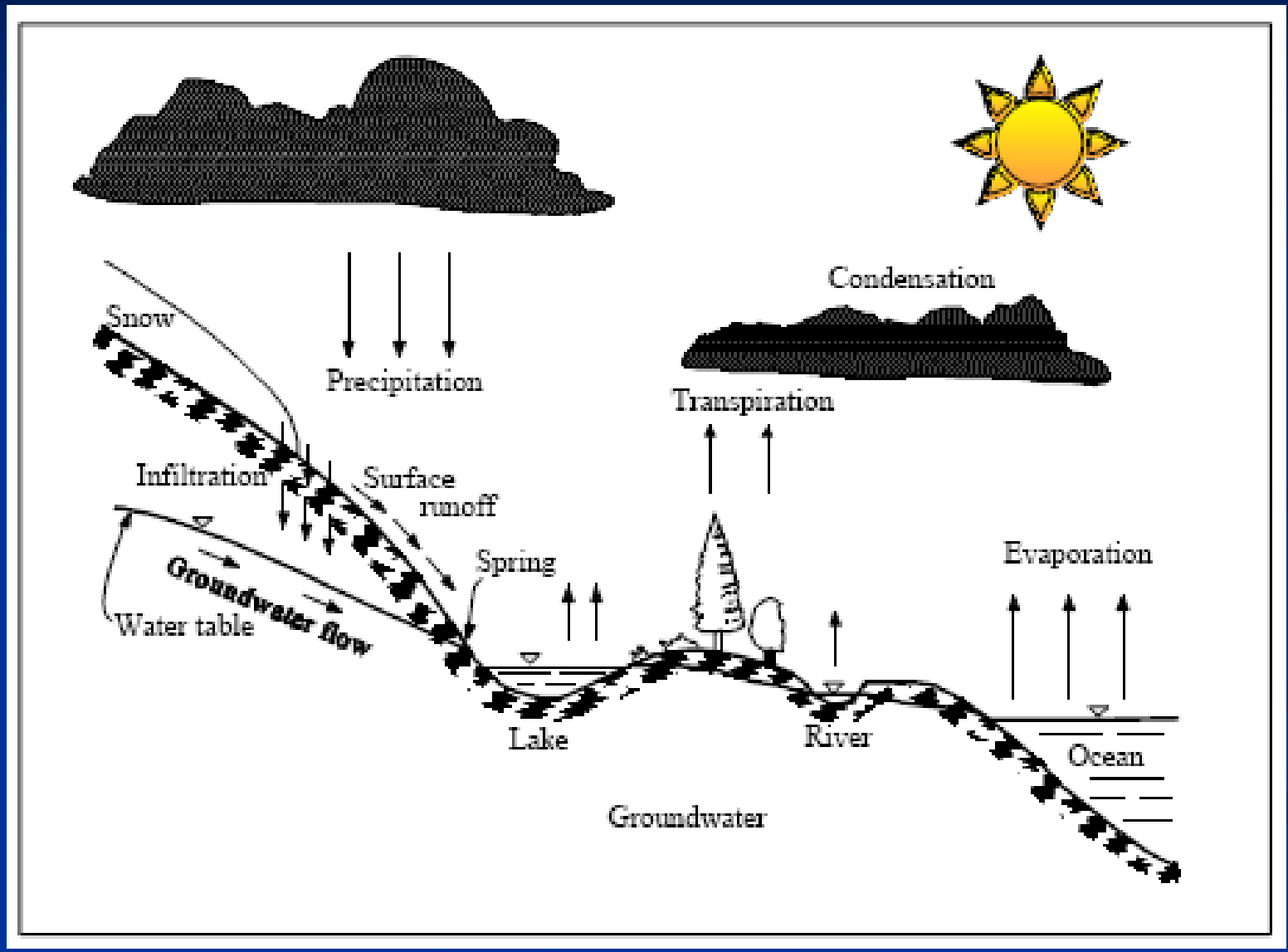
Distribution of Earth's water

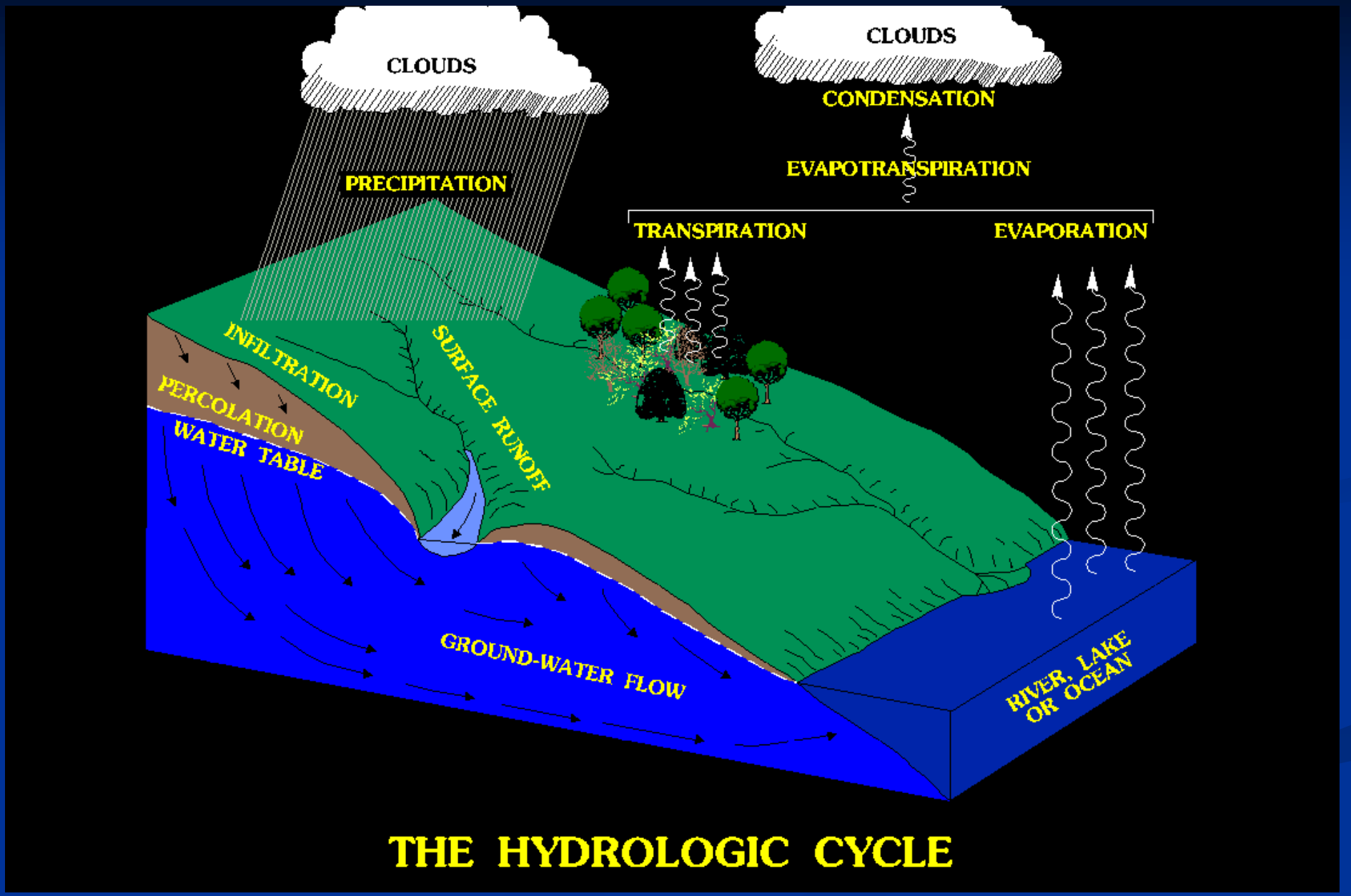
Reservoir	Amount (%)
Oceans	97.2
Ice caps and glaciers	2.14
Groundwater	**0.62**
Freshwater lakes	0.009
Saline lakes and inland seas	0.008
Rivers	0.0001
Soil moisture	0.005
Atmosphere	0.001

Schematic view of hydrologic cycle



Schematic view of hydrologic cycle

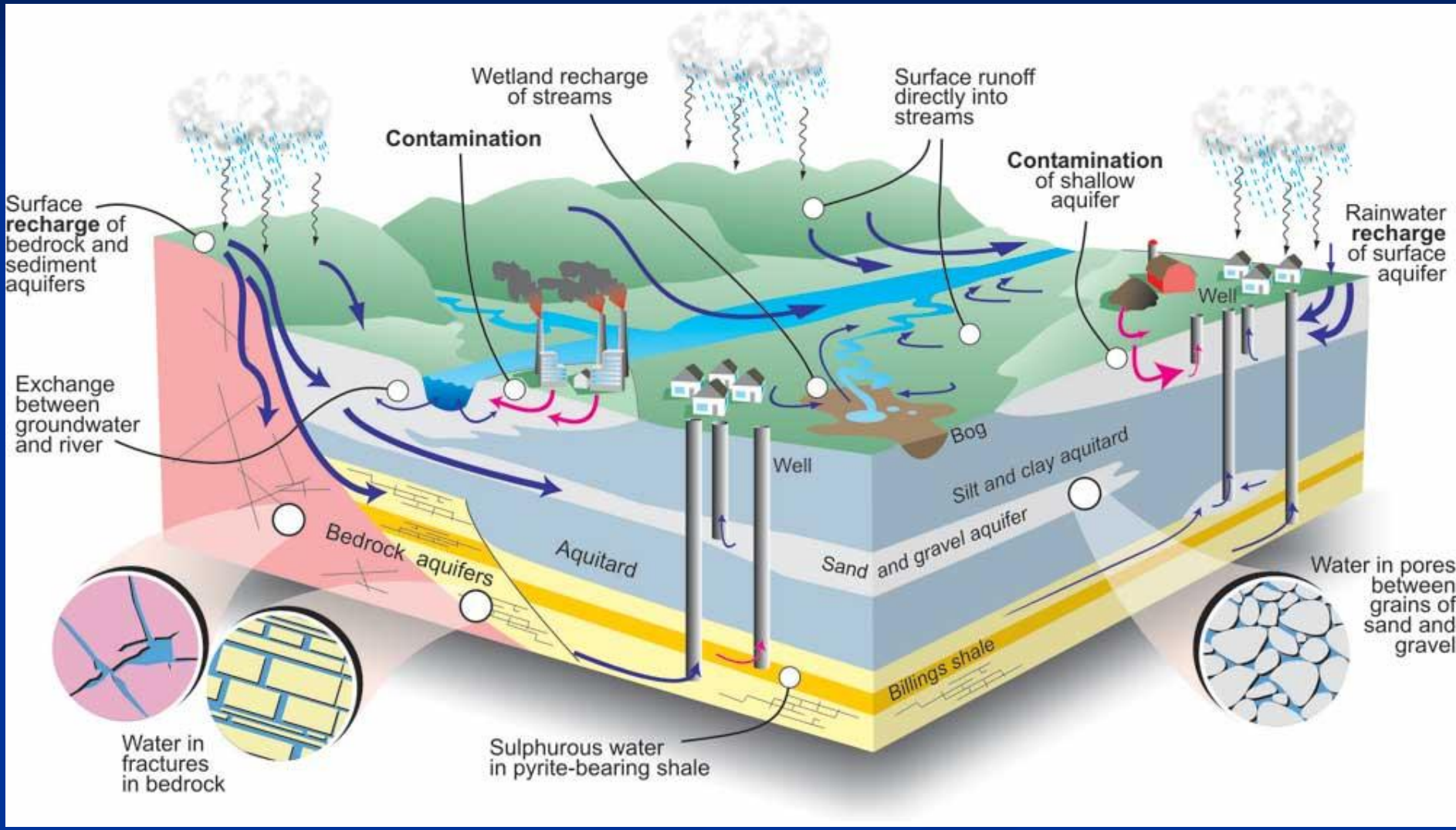




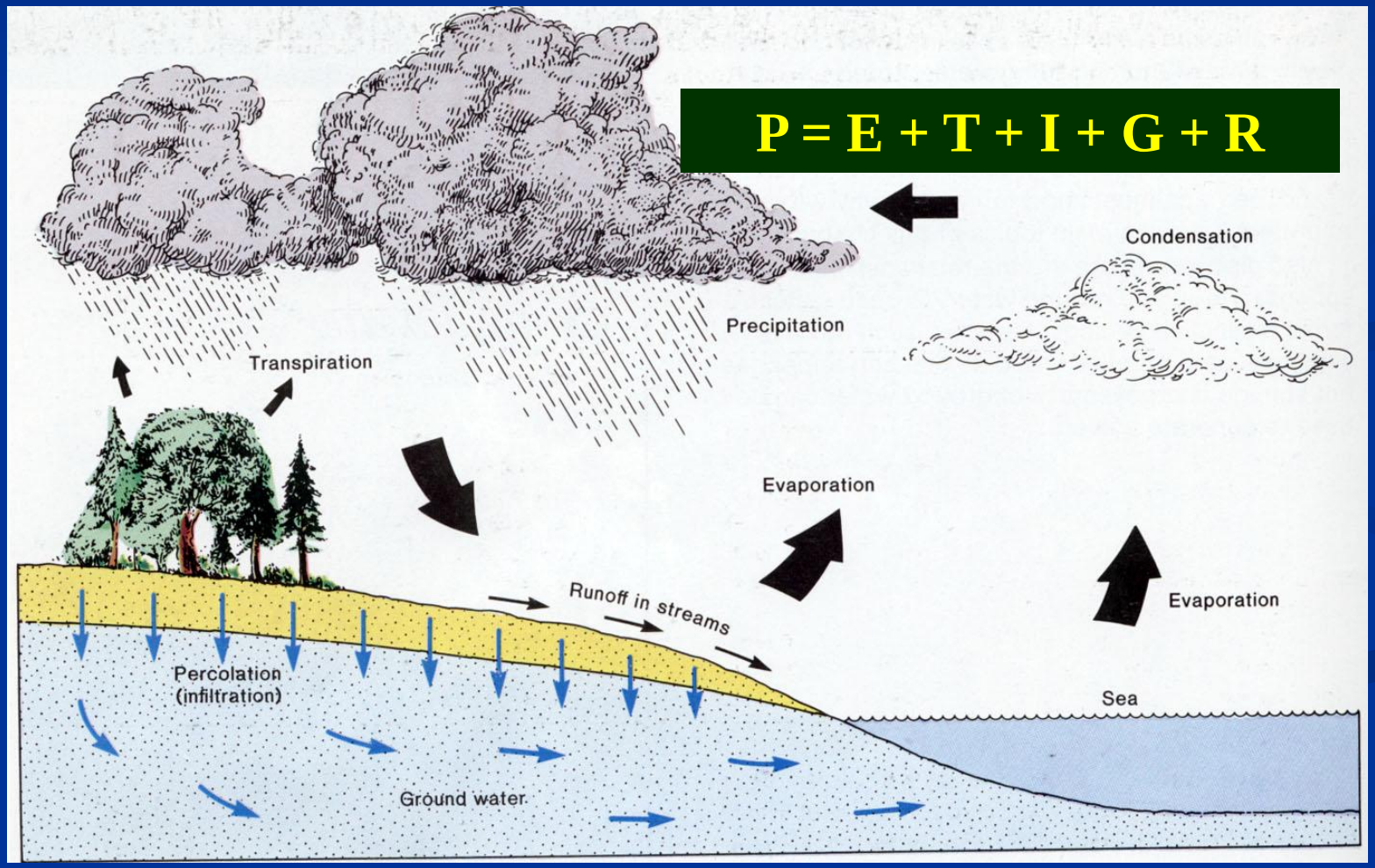
THE HYDROLOGIC CYCLE

شماتیک اجزای مرتبط با آب زیر زمینی

باران ، روانآب ، آلودگی ، چاه ، آبخوان ، نفوذ ، فاضلاب ، شهرسازی ، کارخانجات ، جریان زآب زیر زمینی



Major processes in the hydrologic cycle include Precipitation ,Evaporation, Transpiration, Infiltration, Groundwater flow, and Runoff.



Precipitation occurs when water vapor in the atmosphere condenses on small particles, called **Condensation Nuclei**.

Evaporation is the transfer of water from the liquid to vapor state.

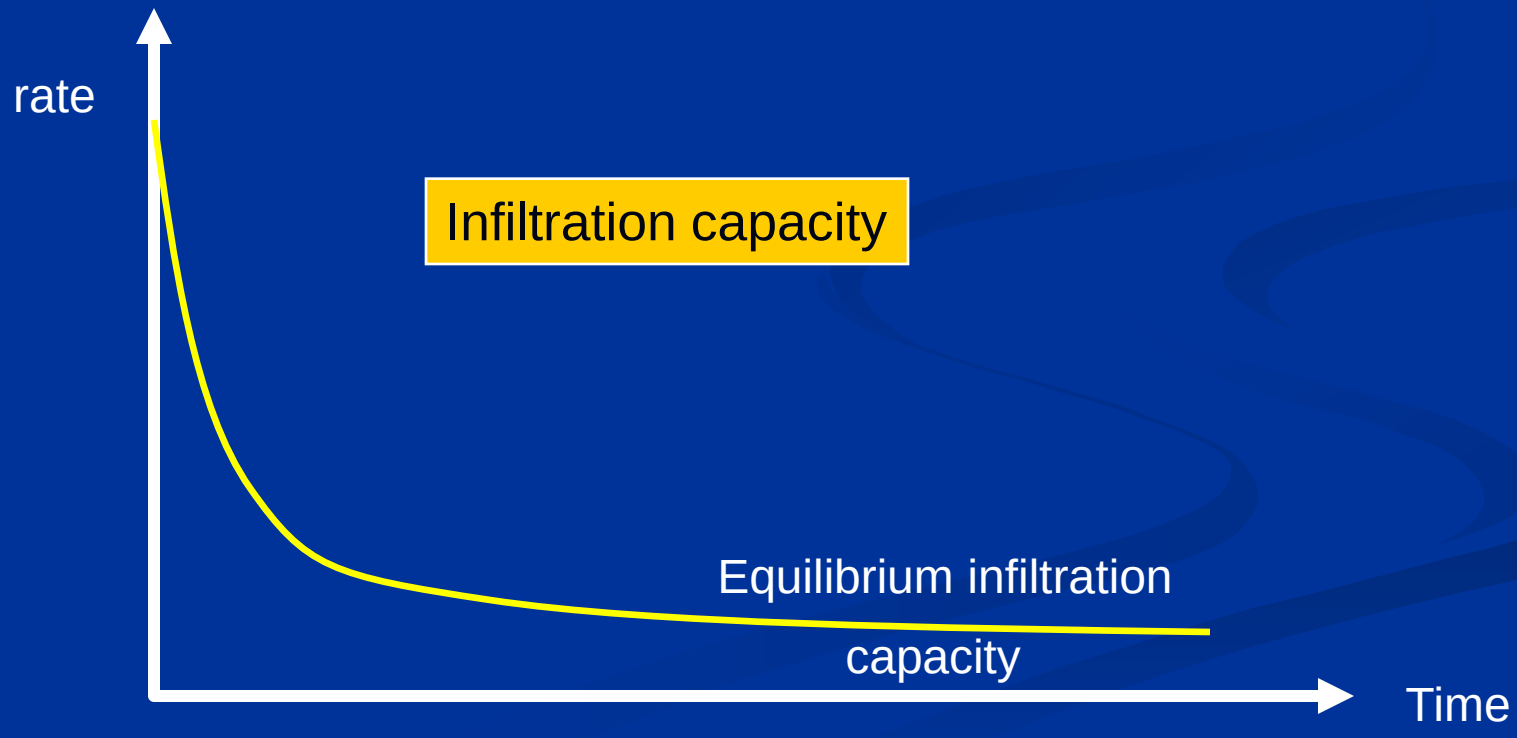
Transpire water vapor through small plants leaf openings called stoma.

Water that reaches Earth's surface Infiltrates rock and soil.

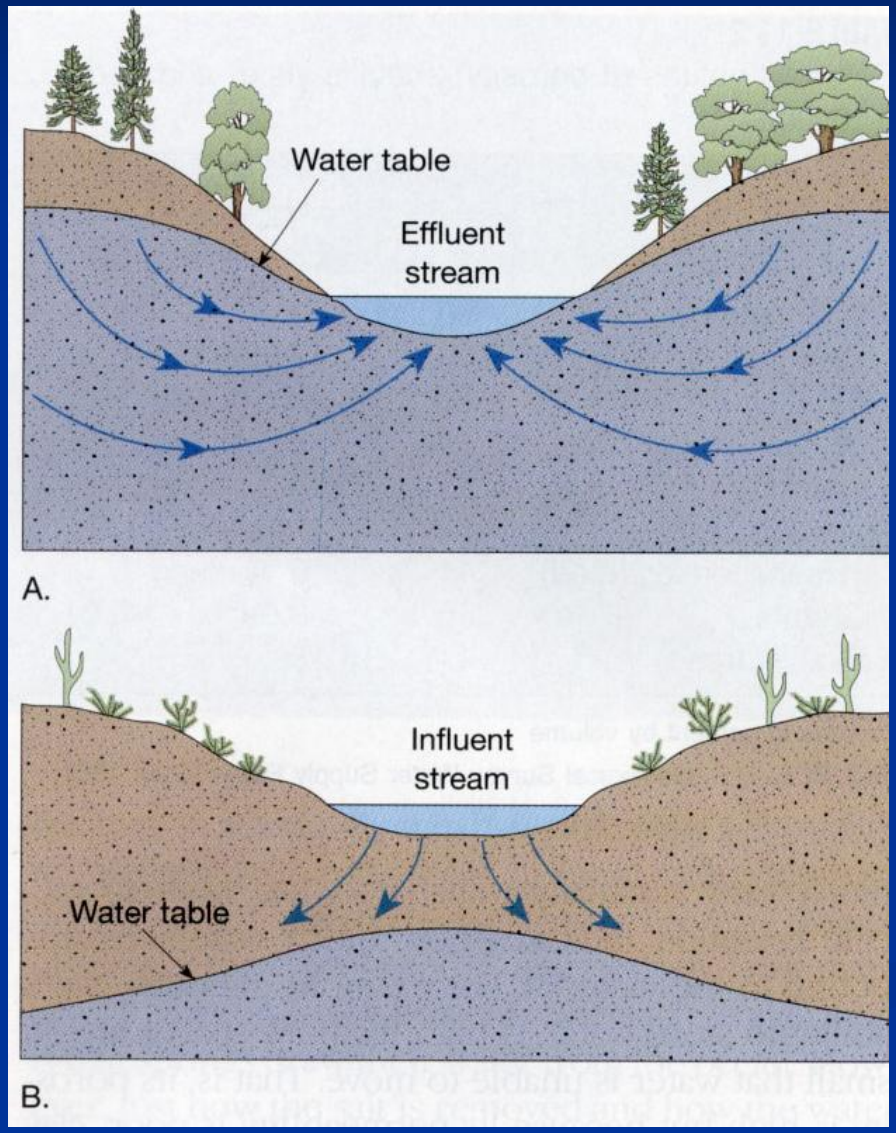
The infiltration rate depends upon soil texture, degree of compaction, and ambient moisture content

Faster infiltration rates are usually associated with loose, dry, sandy soils. Compacted, wet, clay soils absorb water at a very slow rate.

Worm tunnels, cracks, and other openings in soil can substantially increase infiltration rates.



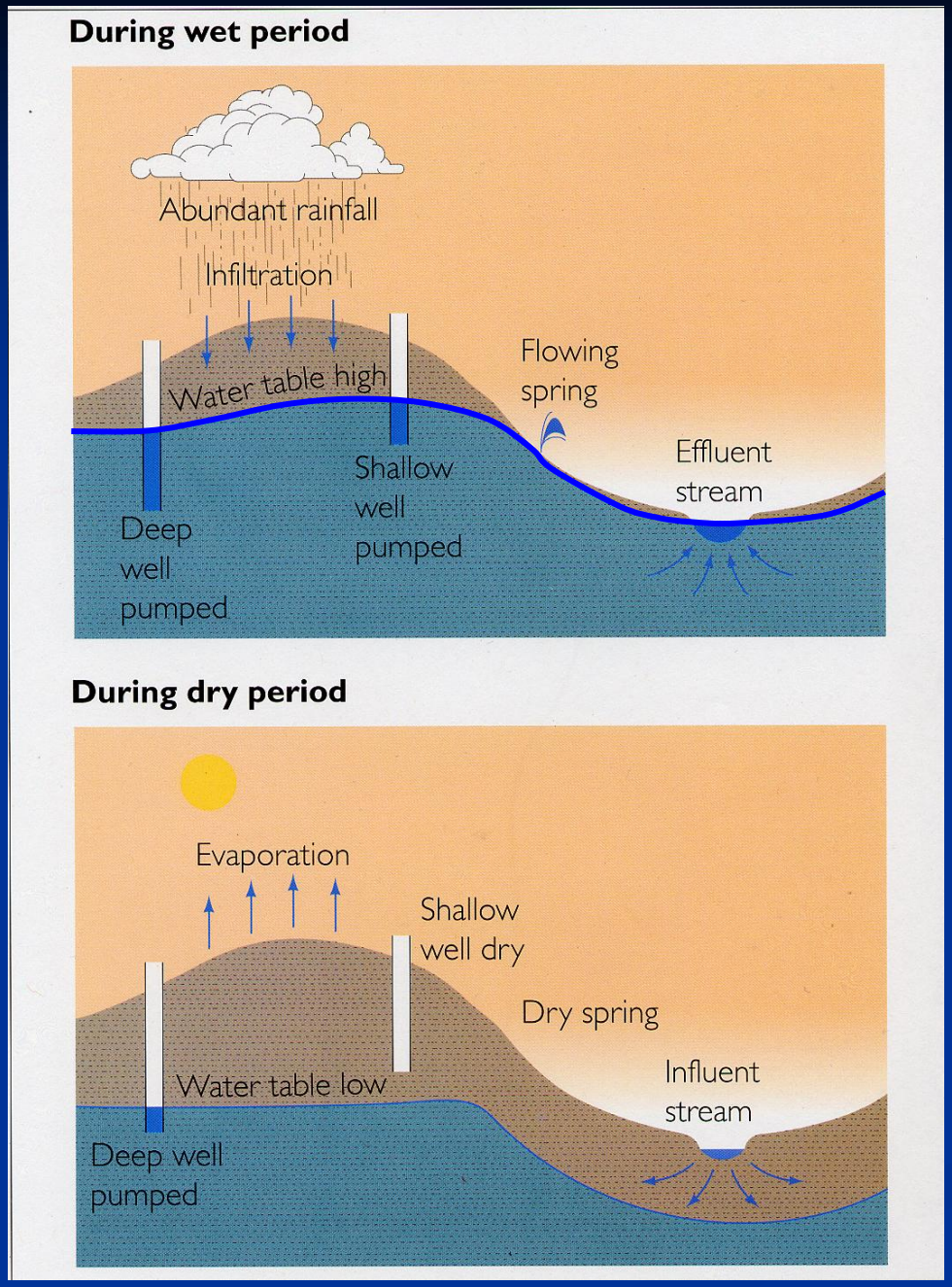
Groundwater flows through the subsurface and discharges to springs, lakes, rivers, and oceans. When groundwater flows into a river, the river is effluent or gaining , When a river into groundwater, the river is Influent

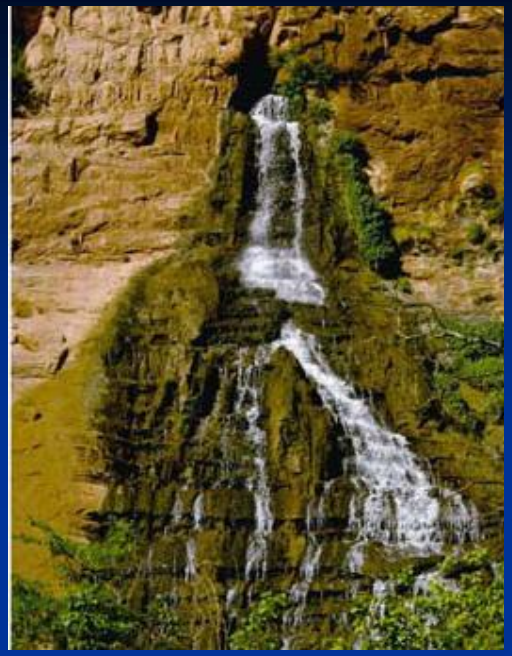


Effluent
gaining

Influent

losing

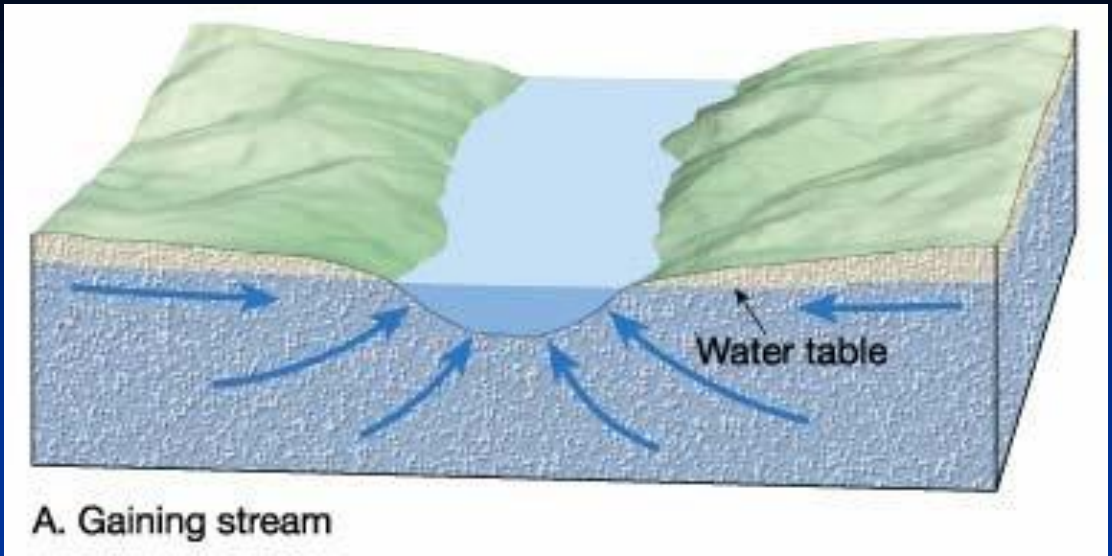


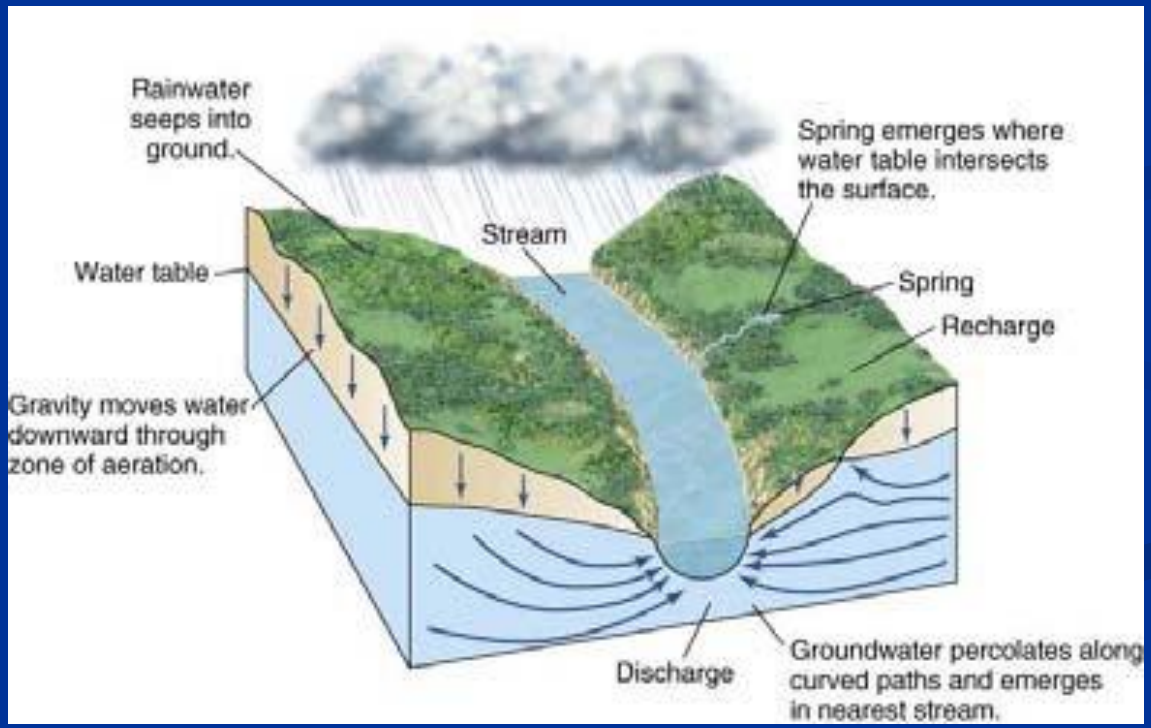


Effluent

Influent

Gaining Stream



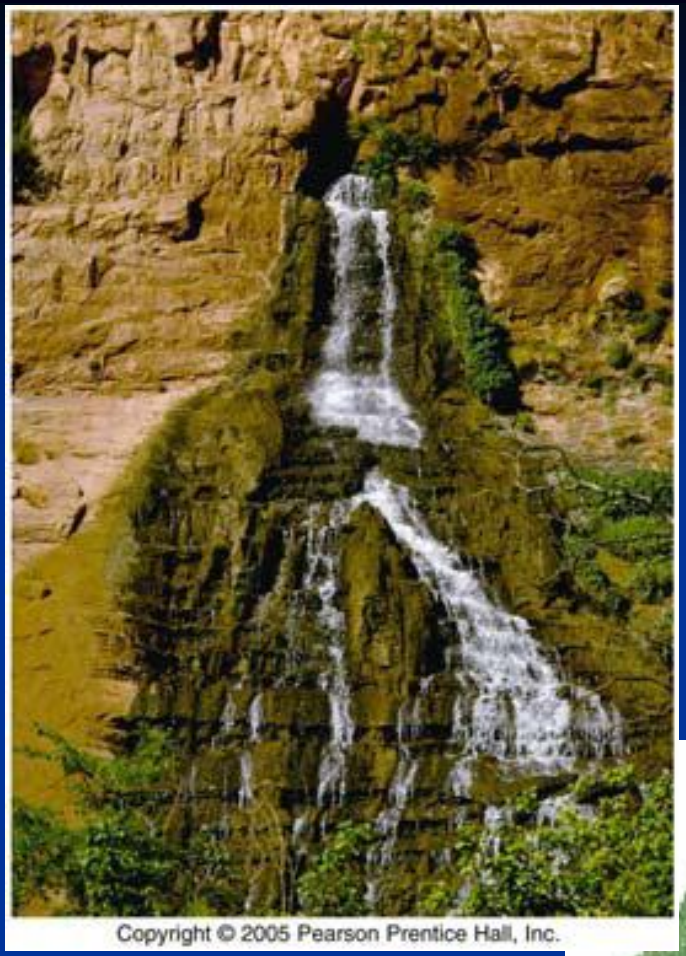


Springs

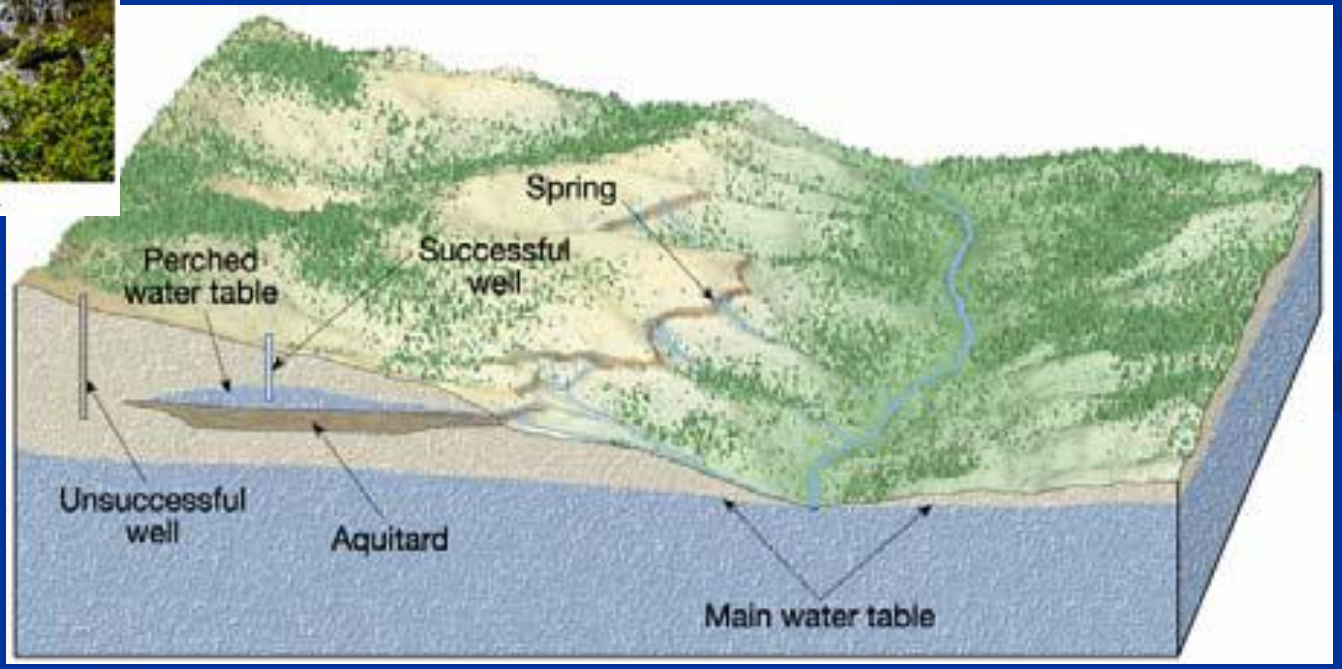
Gaining Stream

Gaining Stream

Springs

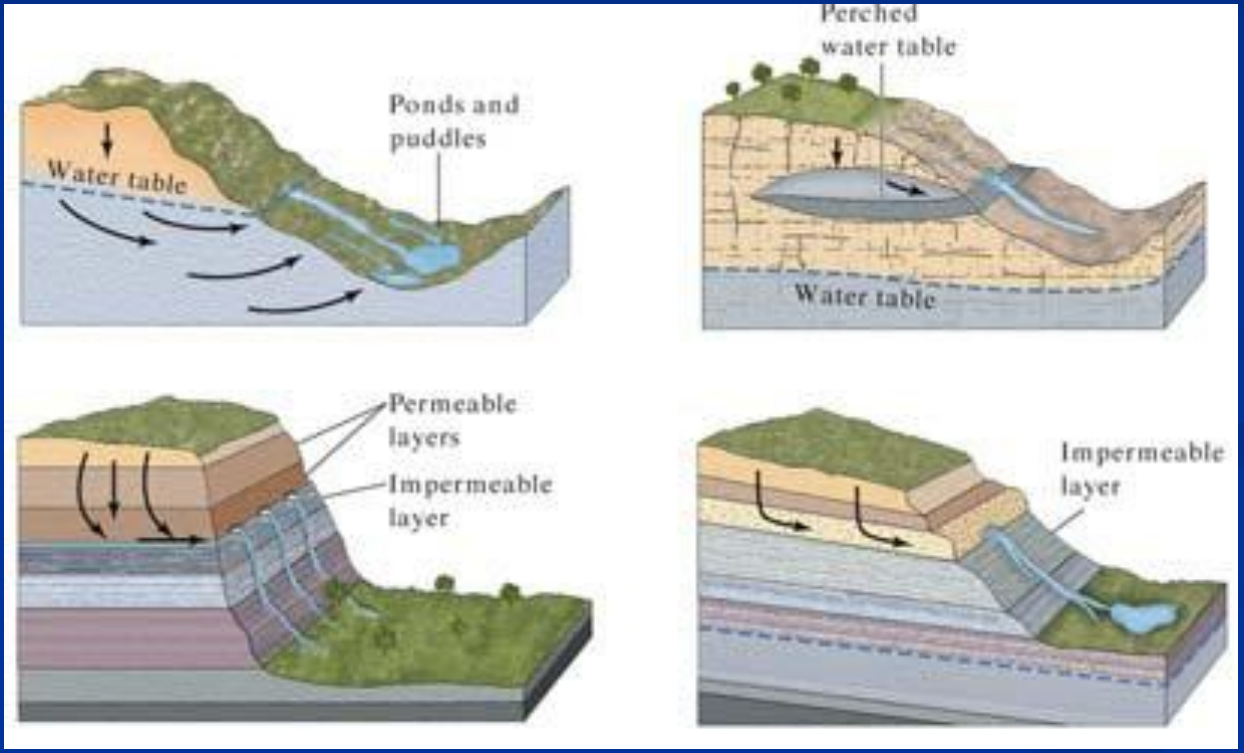


Copyright © 2005 Pearson Prentice Hall, Inc.

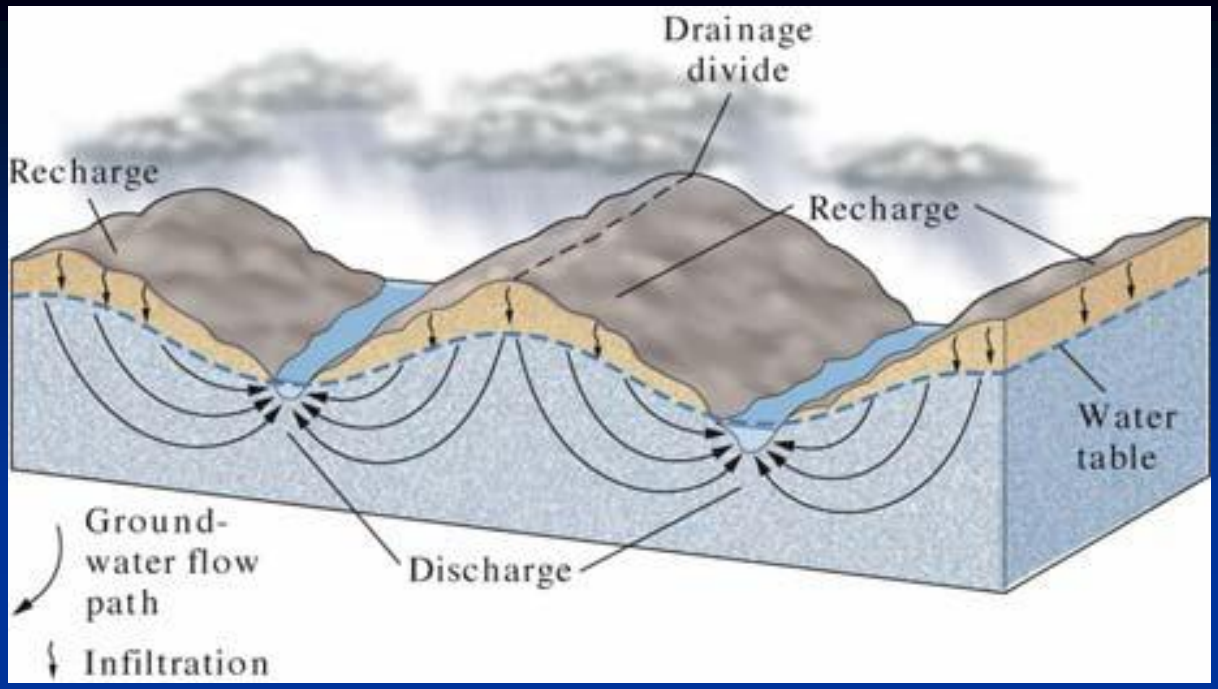


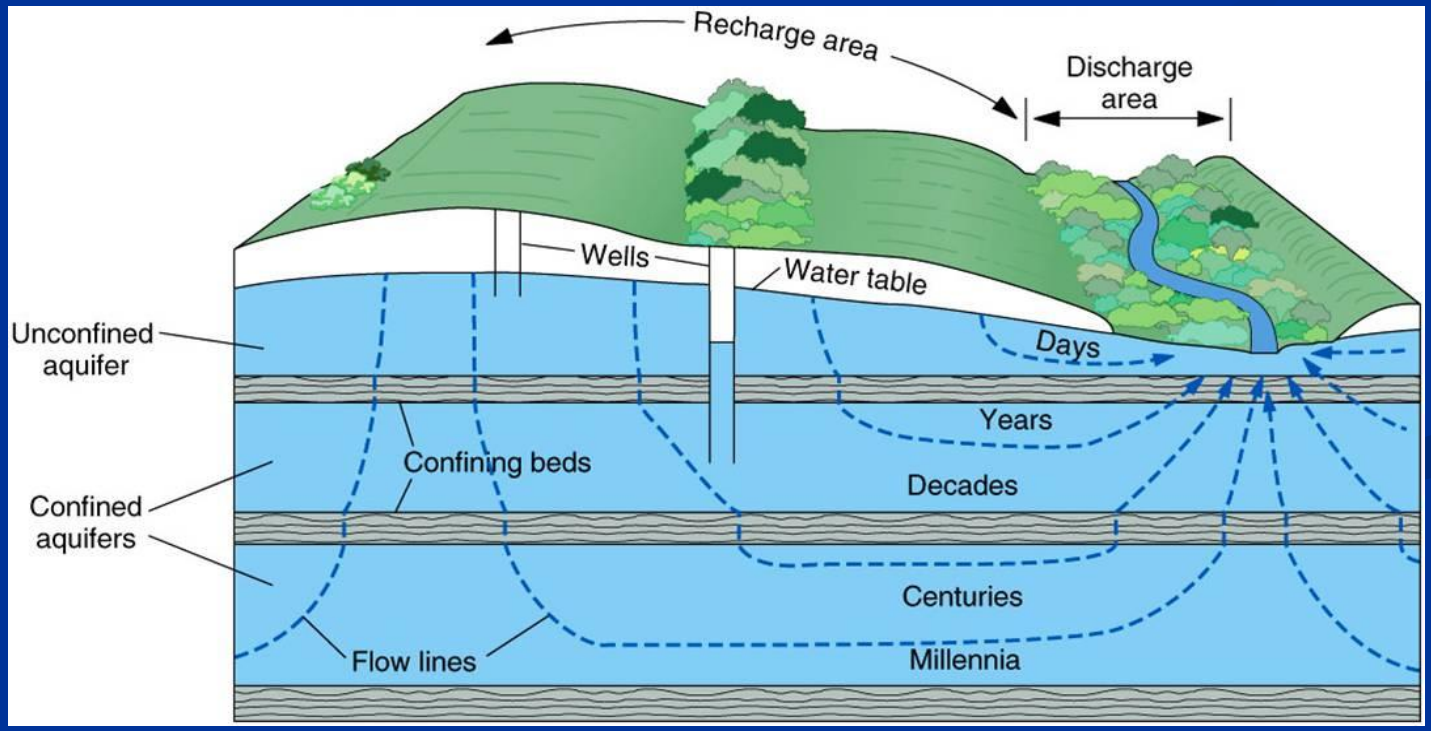
Gaining Stream

Springs

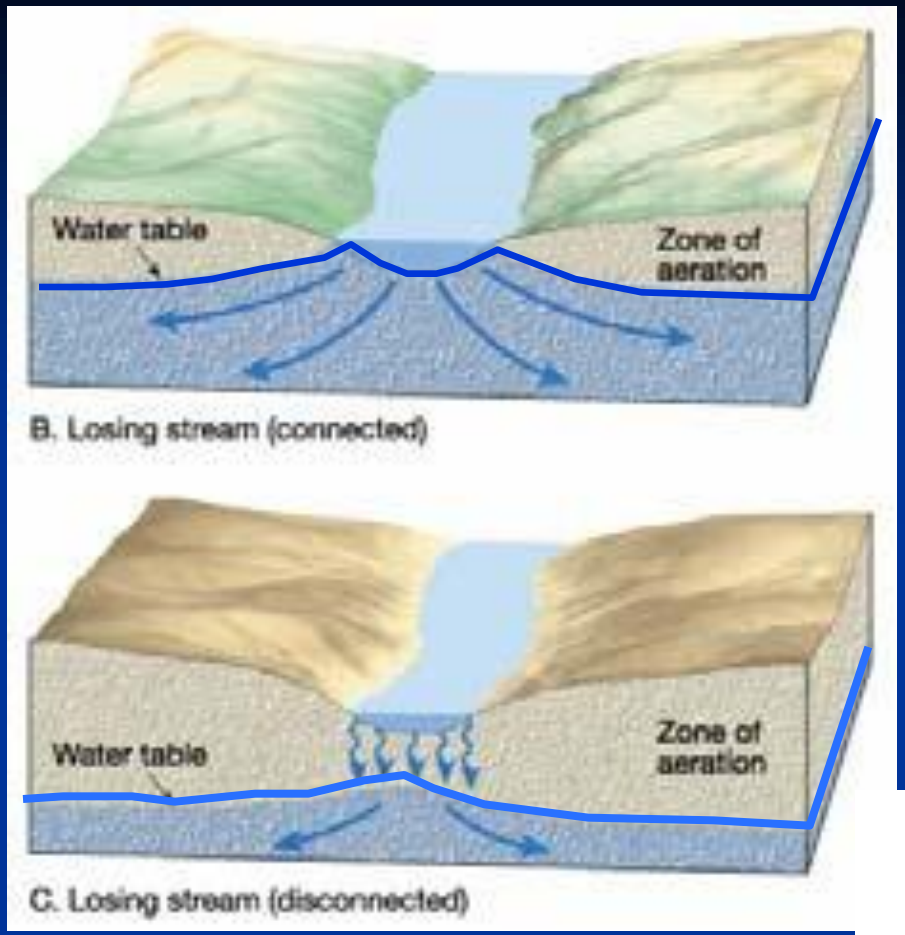


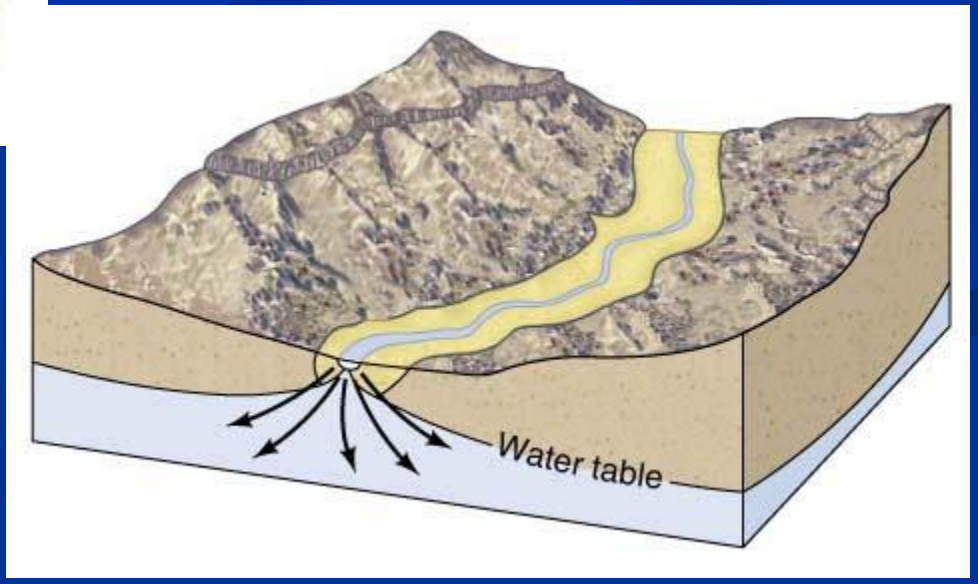
Gaining Stream





Losing Stream

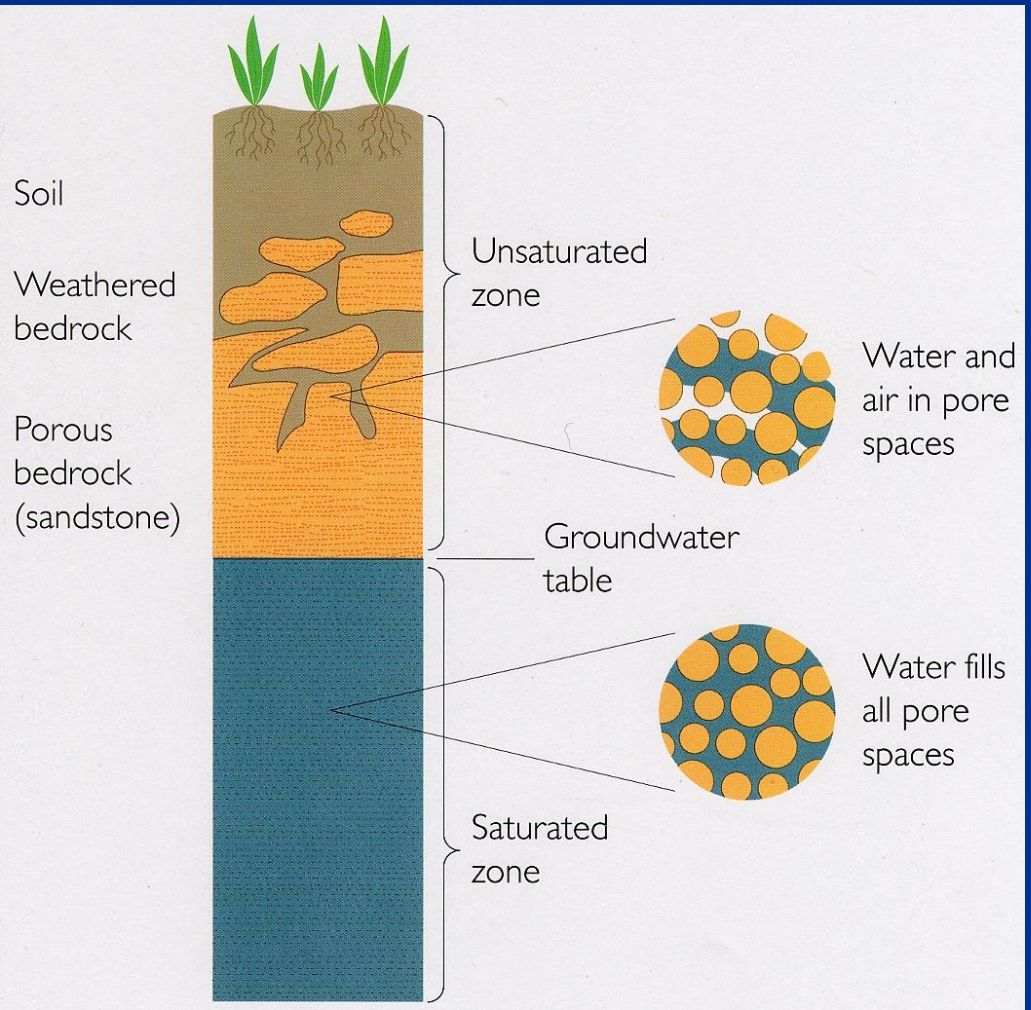




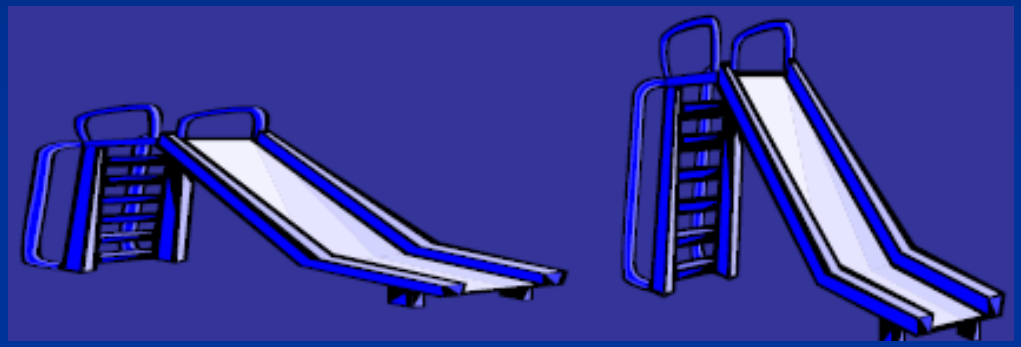
Hydrogeology is the study of underground water.

Underground water occurs in two **different zones**

The vadose zone ,which immediately underlies the land surface, contains both water and air. Beneath the vadose zone lies the saturated zone, in which all of the interconnected openings are full of water. Water stored in the saturated zone is called groundwater.



- Groundwater flows due to the force of gravity

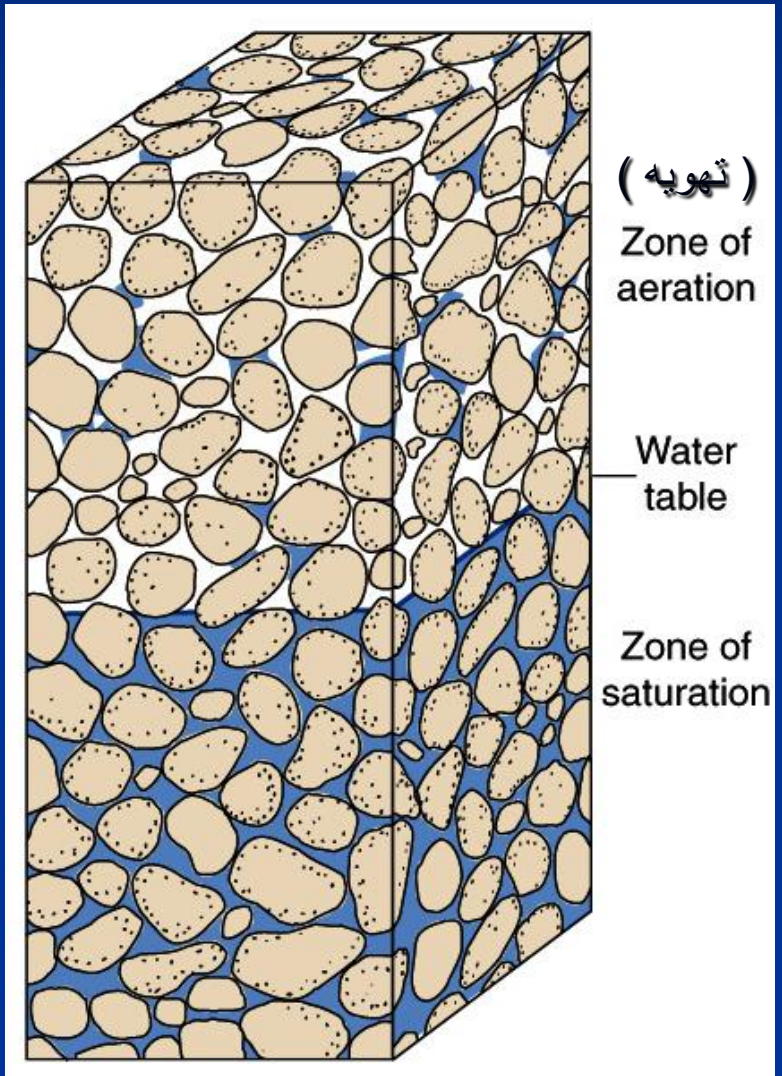


Charge تغذیه

Discharge تخلیه

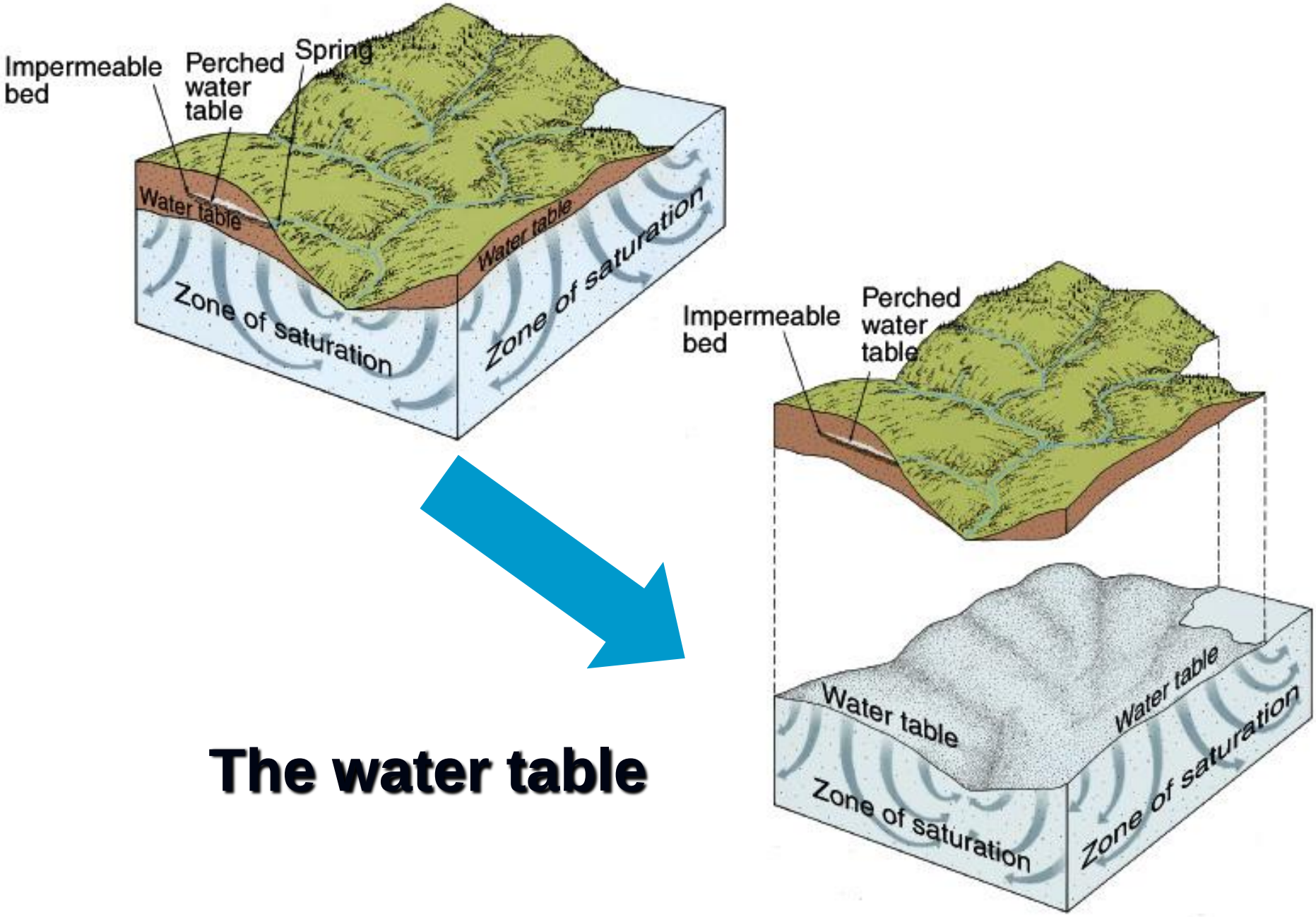
The water table:

the boundary below which all pore spaces are filled



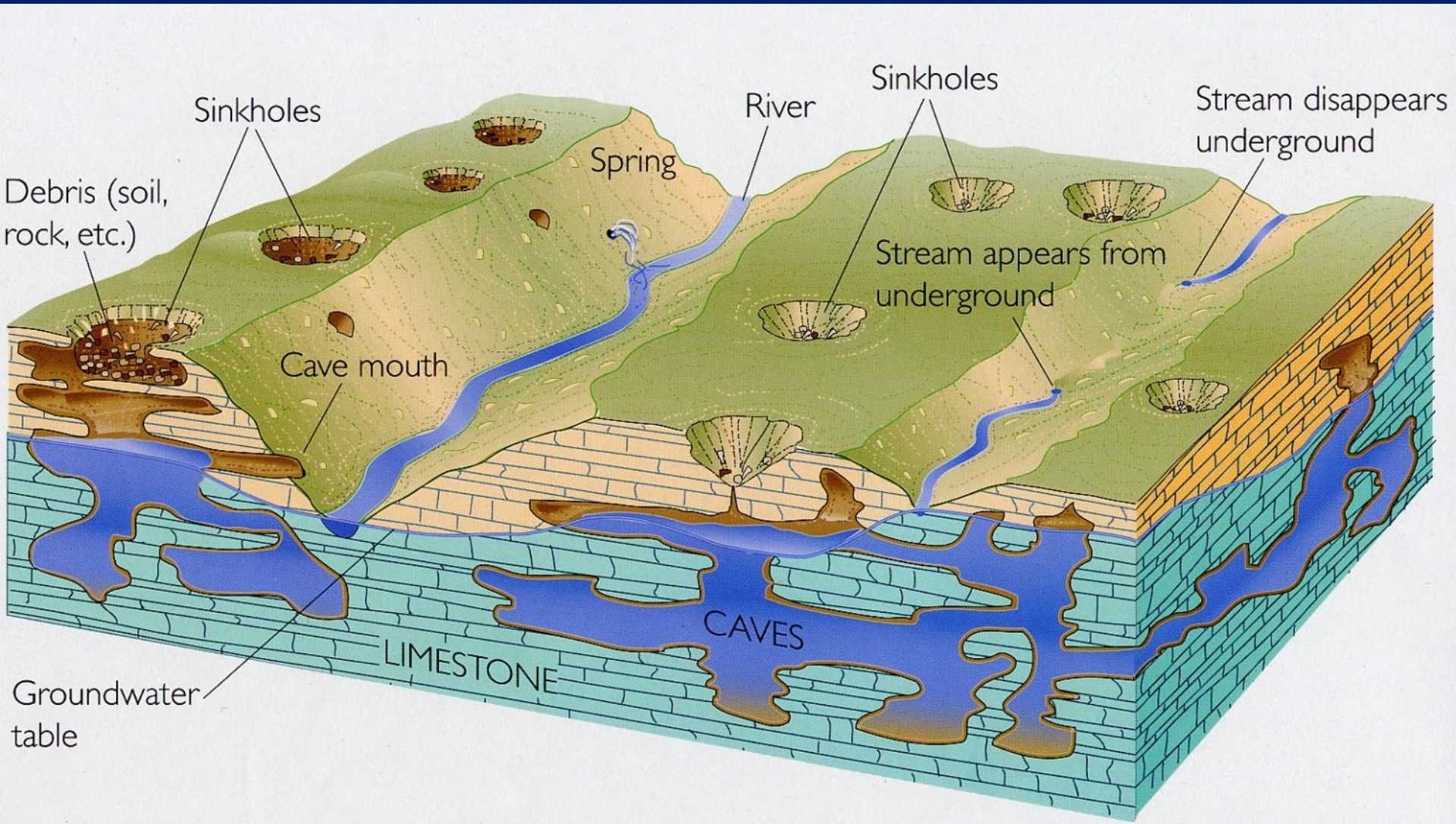
The boundary between the Saturated Zone and the Unsaturated Zone

The unsaturated zone=the vadose zone = zone of aeration



The water table

The water table



جنبه های مهم در هیدروژئولوژی

1. Groundwater as a resource
2. Groundwater contamination
3. Geotechnical problems
4. Geological processes

جنبه های مهم در هیدروژئولوژی

1. Groundwater as a resource
   - Exploration
   - Extraction
   - Evaluation (Yield)

جنبه های مهم در هیدروژئولوژی

2. Groundwater contamination

- ✓ Identification
- ✓ Forecasting
- ✓ Monitoring
- ✓ Remediation

جنبه های مهم در هیدروژئولوژی

3.Geotechnical problems

- Slop stability
- Seepage
- Subsidence
- Drainage engineering

جنبه های مهم در هیدروژئولوژی

Geological Processes

- Earthquakes
- Petroleum deposits
- Ore deposits
- Soil genesis
- Landforms

شاخه های مهم هیدروژئولوژی

دروس ارشد

1. مدیریت، برنامه ریزی و اقتصاد منابع آبهای زیرزمینی
2. اصول و هیدرولیک آبهای زیرزمینی
3. کیفیت و آلودگی منابع آبهای زیرزمینی
4. جنبه های بهداشتی و پزشکی کیفیت منابع آبهای زیرزمینی
5. بکارگیری فنآوری ردیابها و ایزوتوپهای زیست محیطی در اکتشاف و آلودگی منابع آبهای زیرزمینی
6. تکنولوژی های رفع آلودگی منابع آبهای زیرزمینی
7. تهیه مدلهای فیزیکی و ریاضی برای سفره های آبهای زیرزمینی
8. تغذیه مصنوعی سفره های آبهای زیرزمینی و سدهای زیرزمینی
9. کاربرد روشهای ژئوفیزیکی در اکتشاف منابع آبهای زیرزمینی
10. آبهای زیرزمینی و مسائل ژئوتکنیک
11. ژئومورفولوژی آبهای زیرزمینی (پدیده های کارستی و ...)
12. آبهای معدنی و ژئوترمال

لیست استانداردها و پیش نویس استانداردها (مدیریت منابع آب)

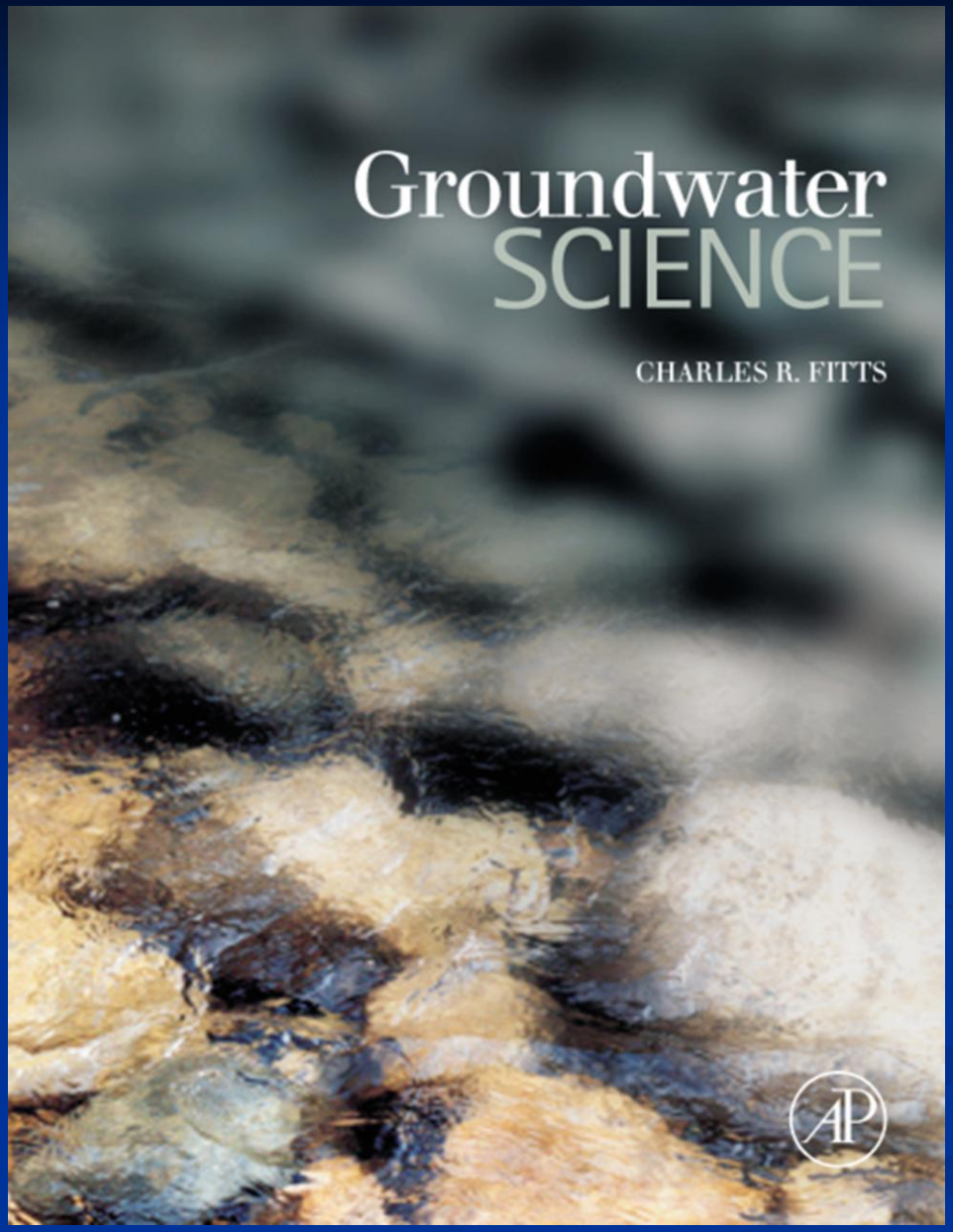
ردیف	شماره استاندارد داخلی	تاریخ انتشار پیش نویس استاندارد	تاریخ انتشار استاندارد داخلی	شماره کمیته	موضوع	شماره‌سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی	سال انتشار
۱	۲۵	شهریور ۶۹	بهمن ۷۳	۲-۱۴	فهرست خدمات مرحله شناسایی طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری	۹۲	۱۳۷۳
۲	۲۶	مهر ۶۹	بهمن ۷۳	۲-۱۴	فهرست خدمات مرحله توجیهی طرح‌های حفاظت خاک و آبخیزداری	۹۱	۱۳۷۳
۳	۴۹	آذر ۶۶	دی ۷۵	۲-۱۴	دستورالعمل مطالعات فیزیوگرافی در حوضه‌های آبخیز	۱۶۰	۱۳۷۵
۴	۵۱	شهریور ۶۷	شهریور ۷۹	۱۲	فهرست خدمات مطالعات مرحله شناسایی منابع آب زیرزمینی	۲۱۲	۱۳۸۰
۵	۵۷	مهر ۶۷	شهریور ۷۹	۱۲	فهرست خدمات مطالعات مرحله نیمه‌تفصیلی منابع آب زیرزمینی	۲۱۳	۱۳۸۰
۶	۶۶	دی ۶۶	آبان ۷۴	۱-۱۲	راهنمای ارزیابی کیفی منابع آب		
۷	۸۰	مرداد ۶۹	اسفند ۷۹	۱-۱۲	دستورالعمل نمونه‌برداری آب	۲۷۴	۱۳۸۳
۸	۸۳	شهریور ۶۹	اسفند ۷۵	۱۲	علائم و نشانه‌های نقشه‌های منابع آب زیرزمینی	۱۷۵	۱۳۷۷
۹	۸۵	آذر ۶۹	تیر۸۴	۱۲	راهنمای مطالعات ژئوفیزیک در آبهای زیرزمینی		
۱۰	۹۵	آذر ۷۰	خرداد ۷۳		تعاریف و دامنه‌کار مراحل مختلف خدمات مهندسی طرح‌های آب		
۱۱	۱۰۰	اسفند ۷۰	اسفند ۷۵	۱۱	دستورالعمل برف سنجی	۱۶۵	۱۳۷۶
۱۲	۱۰۱	اسفند ۷۰	مرداد ۷۶	۱۲	دستورالعمل نام‌گذاری و حفاری چاه‌های آب	۱۸۱	۱۳۷۷
۱۳	۱۱۵	دی ۷۱	خرداد ۸۴	۲-۱۳	استاندارد علامت‌ها و مشخصه‌های نقشه‌های ژئوفیزیکی		
۱۴	۱۱۷	آبان ۷۲	شهریور ۷۵	۲-۱۳	ژئوفیزیک ونقش‌آن در مهندسی‌آب «استاندارد مطالعات الکتریک با روش مقاومت ویژه»	۱۵۹	۱۳۷۵
۱۵	۱۲۲	تیر ۷۳	تیر ۸۳	۱-۱۲	دستورالعمل تهیه بیلان نمک آب زیرزمینی **		
۱۶	۱۲۳	تیر ۷۳	شهریور ۷۴	۱-۱۲	راهنمای فهرست خدمات بررسی‌های هیدروژئوشیمیایی پروژه‌های منابع آب		
۱۷	۱۳۶	بهمن ۷۳	فروردین ۸۱	۱-۱۲	راهنمای بررسی پیشروی آب‌های‌شور در آبخوان‌های ساحلی و روش‌های کنترل	۲۷۷	۱۳۸۳
۱۸	۱۴۷	آبان ۷۴	اردیبهشت ۷۹	۲-۱۳	فهرست خدمات مطالعات ژئوفیزیک «روش‌های الکتریکی مقاومت ویژه و لرزه‌ای شکست مرزی»	۲۱۱	۱۳۷۹
۱۹	۱۵۰	آذر۷۴	تیر ۷۸	۱۲	راهنمای حفاظت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و تجهیزات بهره‌برداری از آنها	۱۸۲	۱۳۷۹
۲۰	۱۵۳	اسفند ۷۴	تیر ۷۶	۲-۱۳	ژئوفیزیک و نقش آن در مهندسی آب «استاندارد مطالعات لرزه‌ای با روش شکست مرزی»	۱۷۱	۱۳۷۷
۲۱	۱۶۵	مهر ۷۵	تیر ۷۷	۱۲	فهرست خدمات مطالعات طرح‌های تغذیه مصنوعی (مرحله شناسایی و توجیهی ـ تفصیلی)	۲۳۶	۱۳۸۰
۲۲	۱۶۶	مهر ۷۵	آبان ۸۲	۲-۱۴	فهرست خدمات مرحله طراحی تفصیلی آبخیزداری		
۲۳	۱۶۹	دی ۷۵	آذر۸۱	۱-۱۲	دستورالعمل تعیین اسیدیته و قلیاییت آب	۲۶۶	۱۳۸۲
۲۴	۱۷۱	دی ۷۵	اسفند ۸۰	۱-۱۲	دستورالعمل برپایی آزمایشگاه آب	۲۶۵	۱۳۸۲

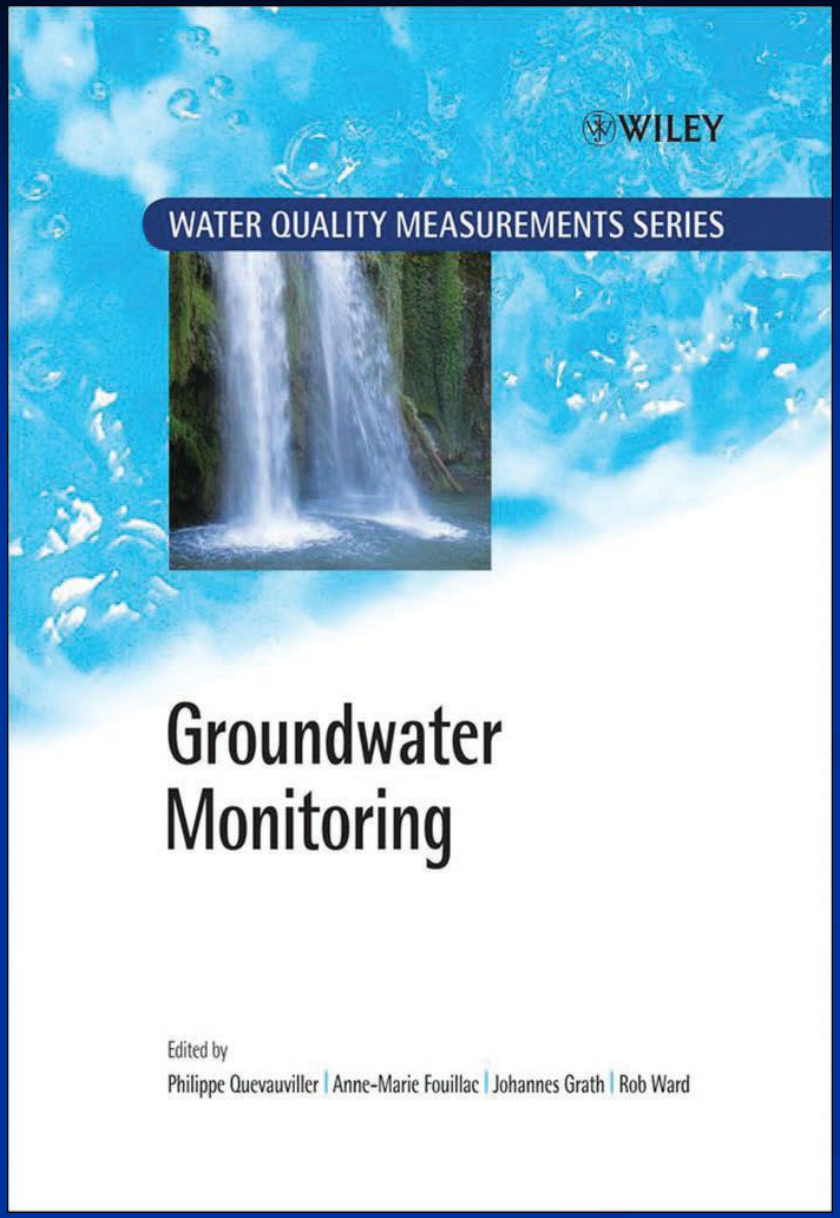
لیست استانداردها و پیش نویس استانداردها (مدیریت منابع آب)

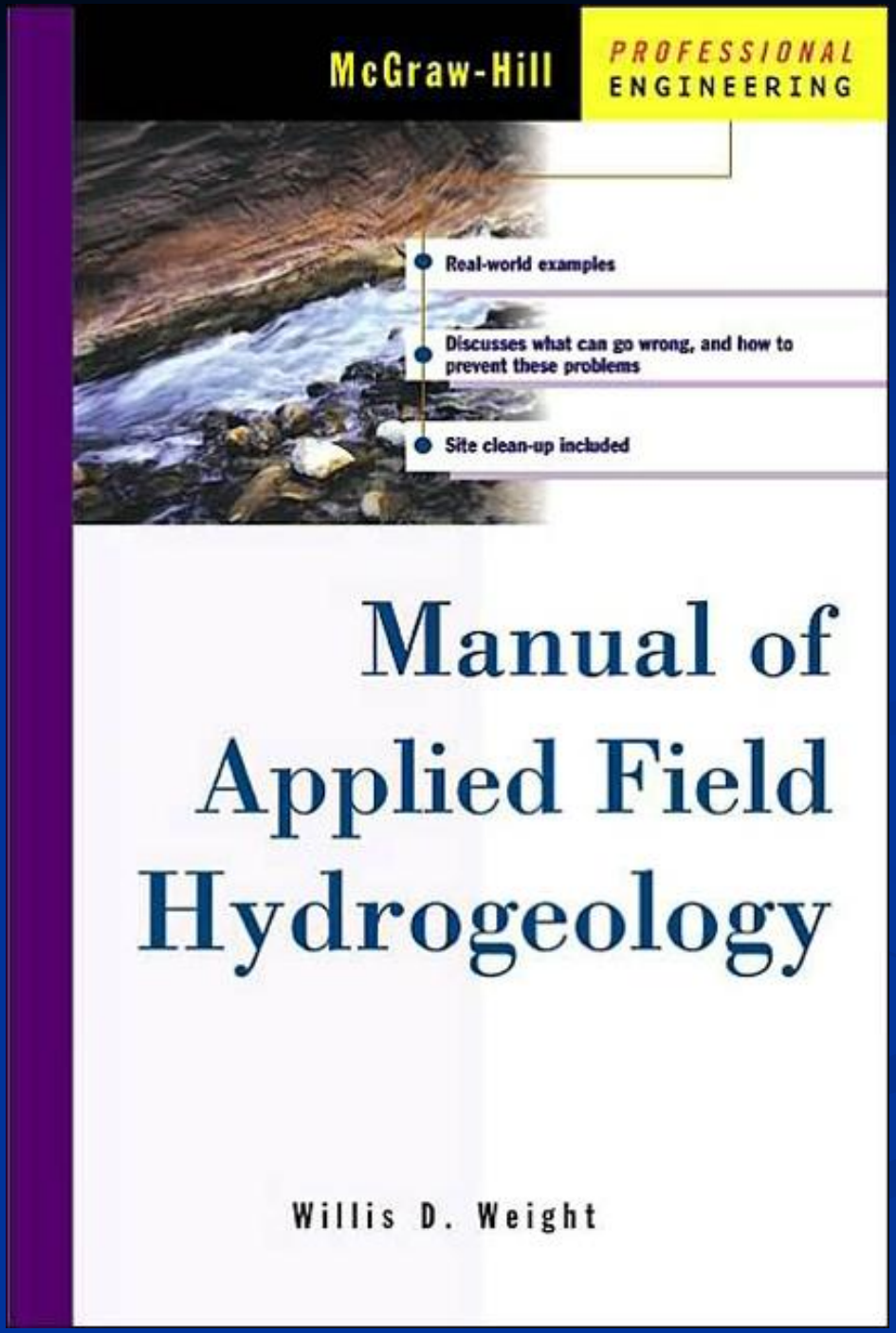
ردیف	شماره استاندارد داخلی	تاریخ انتشار پیش نویس استاندارد	تاریخ انتشار استاندارد داخلی	شماره کمیته	موضوع	شماره‌سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی	سال انتشار
۲۵	۱۷۲	بهمن ۷۵	شهریور ۷۷	۱۲	فهرست خدمات مطالعات طرح‌های تغذیه مصنوعی (مرحله تفصیلی)	۲۳۶	۱۳۸۰
۲۶	*۱۷۹	اسفند ۷۵	اردیبهشت ۸۳	۱۲	دستورالعمل آزمایش‌های پمپاژ		
۲۷	۱۸۰	اسفند ۷۵	شهریور ۷۸	۱۲	دستورالعمل رفتارسنجی کیفی آب‌های زیرزمینی	۱۸۷	۱۳۷۸
۲۸	۱۸۱	اسفند ۷۵	بهمن ۸۰	۱۲	دستورالعمل آماربرداری منابع آب بخش اول – اندازه‌گیری پدیده‌های هواشناسی بخش دوم- برگهای شناسایی و آمار	۲۳۹	۱۳۸۰
۲۹	۱۸۹	مرداد ۷۶	فروردین ۸۱	۱۲-۱	دستورالعمل آزمون میکروبیولوژی آب	۲۵۹	۱۳۸۱
۳۰	۱۹۵	بهمن ۷۶	مهر ۸۲	۱۲-۱	دستورالعمل تعیین آلومینیوم، باریم و بریلیم آب		
۳۱	*۱۹۷	بهمن ۷۶	آبان ۸۲		دستورالعمل تعیین اکسیژن «اکسیژن محلول، اکسیژن مصرفی، اکسیژن‌خواهی شیمیایی، اکسیژن‌خواهی بیوشیمیایی و اوزن»		
۳۲	۱۹۸	اسفند ۷۶	بهمن ۸۲		دستورالعمل بهره‌برداری و نگهداری تاسیسات و سازه‌های تغذیه مصنوعی		
۳۳	۲۱۲	بهمن ۷۷	آذر ۸۱	۱۲-۱	دستورالعمل تعیین نیتروژن آب	۲۶۶	۱۳۸۲
۳۴	۲۲۶	دی ۷۸	خرداد ۸۳	۱۲	راهنمای تهیه شناسنامه غار	۳۹۷	۱۳۸۶
۳۵	۲۳۰	اردیبهشت ۷۹	اردیبهشت ۸۱	۱۲-۷	فهرست خدمات مرحله توجیهی مطالعات ایزوتوپی و ردیابی مصنوعی منابع آب‌زیرزمینی	۲۴۹	۱۳۸۱
۳۶	۲۳۲	مرداد ۷۹	دی ۸۵	۱۲	راهنمای تهیه آبنمود چشمه‌های کارستی و سازندهای سخت		
۳۷	۲۴۲	مرداد ۸۰	تیر ۸۴	۱۲	دستورالعمل آماربرداری از منابع آب – وسایل و روش‌های اندازه‌گیری	۳۳۰	۱۳۸۴
۳۸	۲۵۵	تیر ۸۲	آبان ۸۳	۱۳-۲	شناخت و راهنمای روش‌های الکترو مغناطیسی (EM)		
۳۹	۲۵۷	دی ۸۵	مرداد۸۹	۱	دستورالعمل کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات کارست و سازندهای سخت	۵۴۶	۱۳۸۹
۴۰	۲۶۰	تیر ۸۲	تیر ۸۴	۱	دستورالعمل رفتارسنجی کمی آب‌های زیرزمینی		
۴۱	۲۶۳	تیر ۸۳	مرداد۸۹	۱	دستورالعمل کاربرد روش‌های ردیابی در مطالعات آبخوان‌های آبرفتی	۵۵۲	۱۳۹۰
۴۲	۲۸۲	آبان۸۳	تیر ۸۴	۱	دستورالعمل و ضوابط تفسیربندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز و محدوده‌های مطالعاتی در سطح کشور	۳۱۰	۱۳۹۱
۴۳	۳۲۲	تیر۸۷		۱۲	دستورالعمل و ضوابط تعیین و تفکیک آبخوان‌های آبرفتی دشت‌های آزاد ممنوعه و ممنوعه بحرانی		
۴۴	۳۲۲	اسفند۸۷		۱۳-۲	کاربرد ژئوفیزیک در خوردگی خاک و آلودگی منابع آب «شناخت و راهنما»		
۴۵	۳۳۷	اسفند۸۷		۱	راهنمای تهیه مدل ریاضی آب‌های زیرزمینی		
۴۶	۳۴۰	خرداد۸۸	آبان ۹۰	۱	راهنمای کاربرد ردیاب‌ها در بررسی نشت و فرار آب از مخازن و تکیه‌گاه‌های سد	۵۶۱	۱۳۹۱

لیست استانداردها و پیش نویس استانداردها (مدیریت منابع آب)

ردیف	شماره استاندارد داخلی	تاریخ انتشار پیش نویس استاندارد	تاریخ انتشار استاندارد داخلی	شماره کمیته	موضوع	شماره‌سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی	سال انتشار
۴۷	۳۴۱	خرداد۸۸		۱	راهنمای چگونگی بررسی نشست زمین در نتیجه بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی		
۴۸	۳۵۳	دی۸۸	آبان ۹۱	۱	راهنمای بررسی اثرات اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی بر وضعیت آبخوان		
۴۹	۳۶۷	دی ۸۹	اسفند ۹۰	۱	دستورالعمل تعیین محل و نظارت بر حفر چاه‌های آب در آبرفت و سازندهای سخت و تهیه گزارش حفاری (چاه‌های بهره‌برداری، اکتشافی، پیزومترها و مشاهده‌ای)	۵۷۷	۱۳۹۲
۵۰	۳۶۸	دی۸۹	آبان ۹۰	۱	راهنمای روش‌های توزیع مکانی عوامل اقلیمی با استفاده از داده‌های نقطه‌ای	۵۸۵	۱۳۹۱
۵۱	۳۹۵	اسفند ۹۰	شهریور ۹۲	۱	راهنمای کاربرد سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سنجش از دور (RS) در استخراج پارامترهای موثر مطالعات هیدرولوژیکی حوضه‌های آبریز	۶۴۶	۱۳۹۲
۵۲	۳۹۸	اردیبهشت ۹۱	شهریور ۹۲	۱	دستورالعمل روش‌های محاسبه حداکثر سیل محتمل PMF		
۵۳	۴۰۲	مهر ۹۱	شهریور ۹۲	۱	دستورالعمل احیا، توسعه و بهسازی چاه‌های آب (کشاورزی و شرب)		
۵۴	۴۰۳	مهر ۹۱		۱	دستورالعمل روش‌های محاسبه حداکثرسیلاب محتمل (PMP) و تهیه منحنی‌های عمق، سطح، تداوم بارش (DAD)		


Groundwater
SCIENCE
CHARLES R. FITTS
AP


WILEY
WATER QUALITY MEASUREMENTS SERIES
Groundwater Monitoring
Edited by
Philippe Quevauviller | Anne-Marie Fouillac | Johannes Grath | Rob Ward

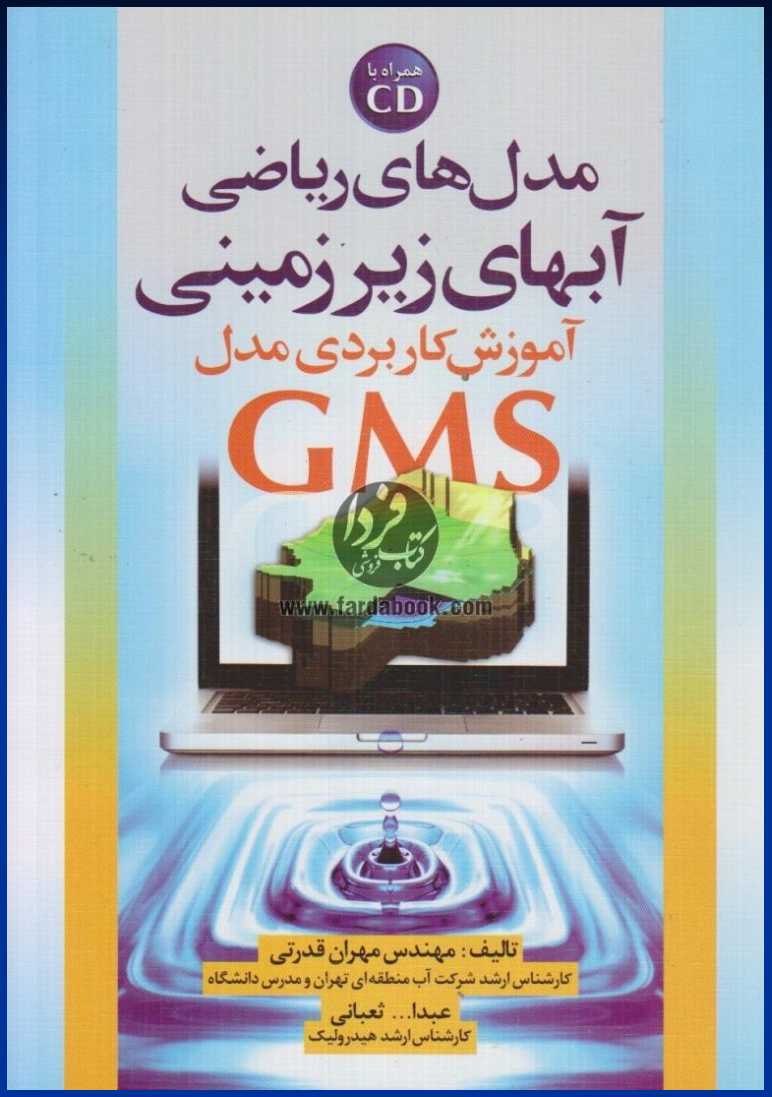

McGraw-Hill
PROFESSIONAL
ENGINEERING
Real-world examples
Discusses what can go wrong, and how to prevent these problems
Site clean-up included
Manual of Applied Field Hydrogeology
Willis D. Weight

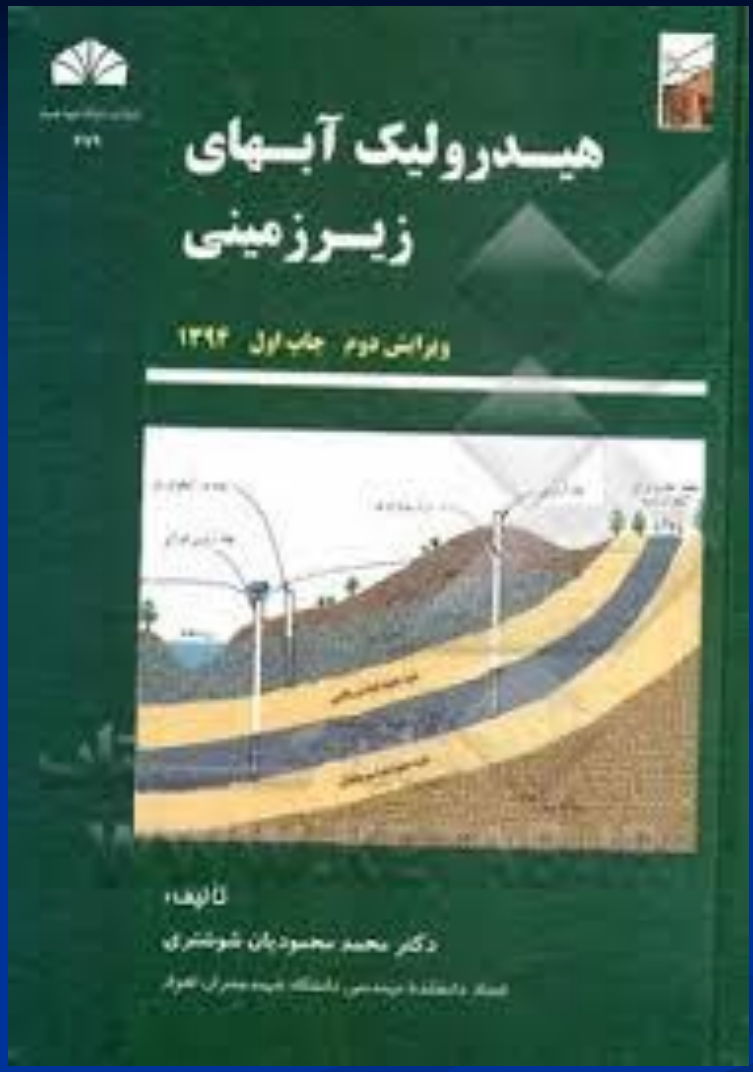
Principles of Hydrogeology

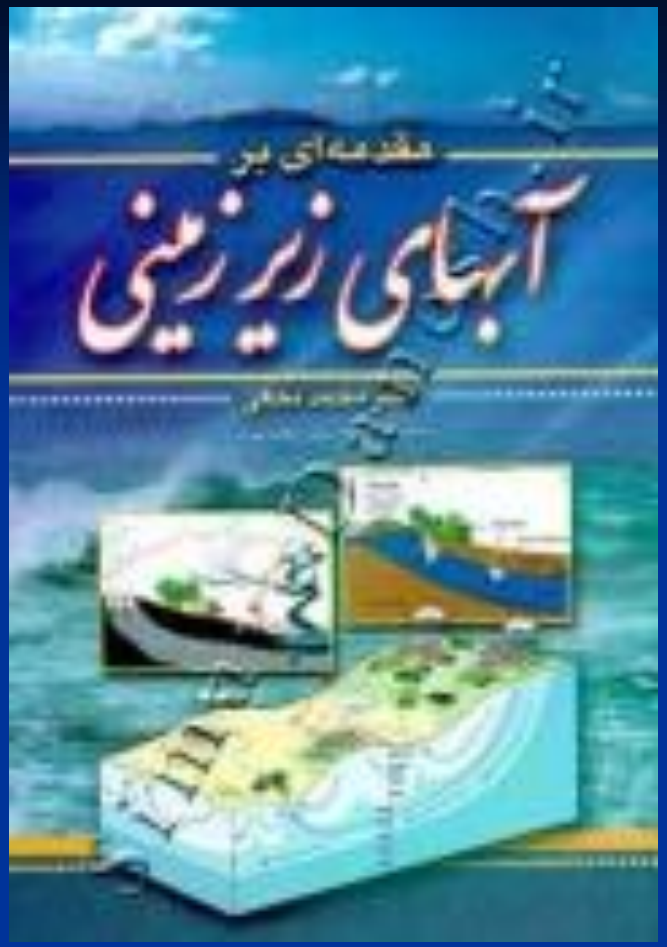
Second Edition

Paul F. Hudak, Ph.D.

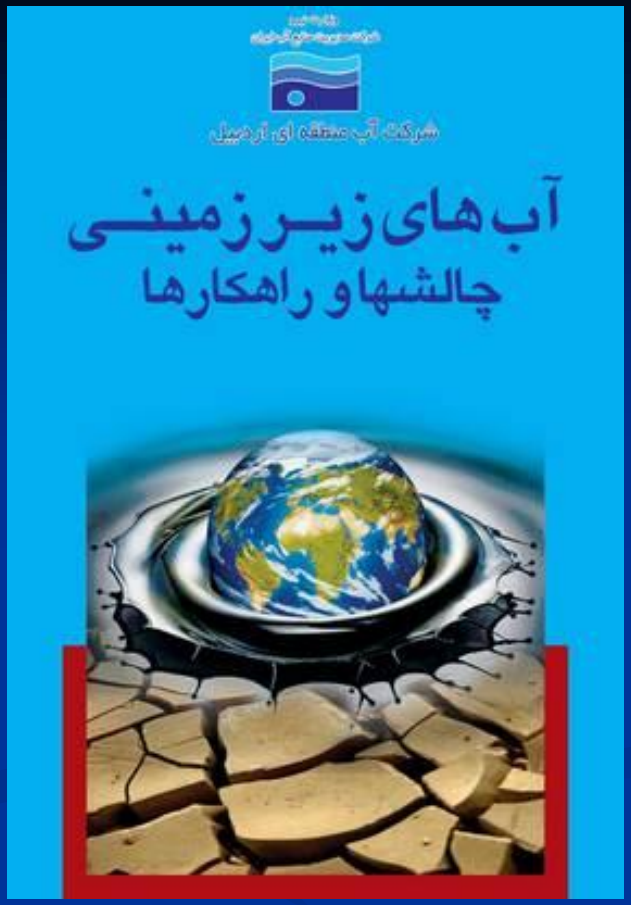
© 2000 CRC Press LLC


همراه با
CD
مدل‌های ریاضی
آبهای زیرزمینی
آموزش کاربردی مدل
GMS
کتاب فروشی فردا
www.fardabook.com
تالیف : مهندس مهران قدرتی
کارشناس ارشد شرکت آب منطقه‌ای تهران و مدرس دانشگاه
عبدا... ثعبانی
کارشناس ارشد هیدرولیک


هیدرولیک آبهای
زیرزمینی
ویرایش دوم چاپ اول ۱۳۹۴
تالیف:
دکتر محمد محمودیان شوشتری


مقدمه‌ای بر
آبهای زیر زمینی

مسائل آبهای زیر زمینی
محمد شایان نژاد
دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه صنعتی اصفهان


شرکت آب منطقه ای اردبیل
آب های زیر زمینی
چالشها و راهکارها

مقایسه انواع روش‌های برآورد

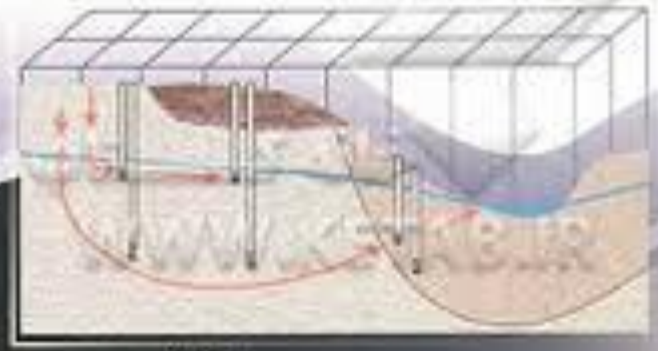
تغذیه آب زیرزمینی

نرگس دولت‌آبادی

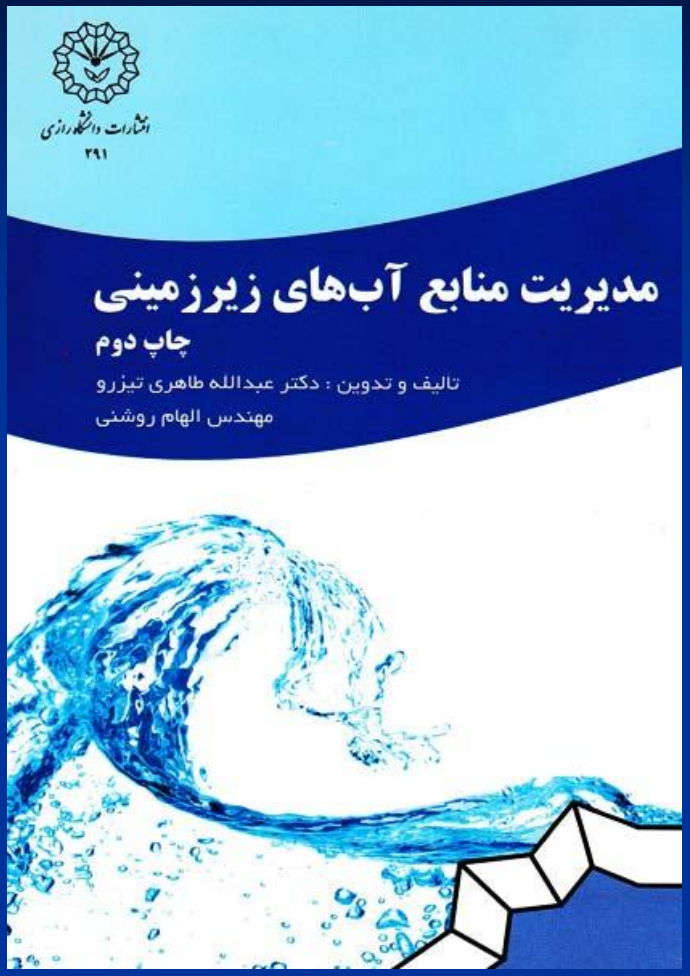
طیبه احمدی

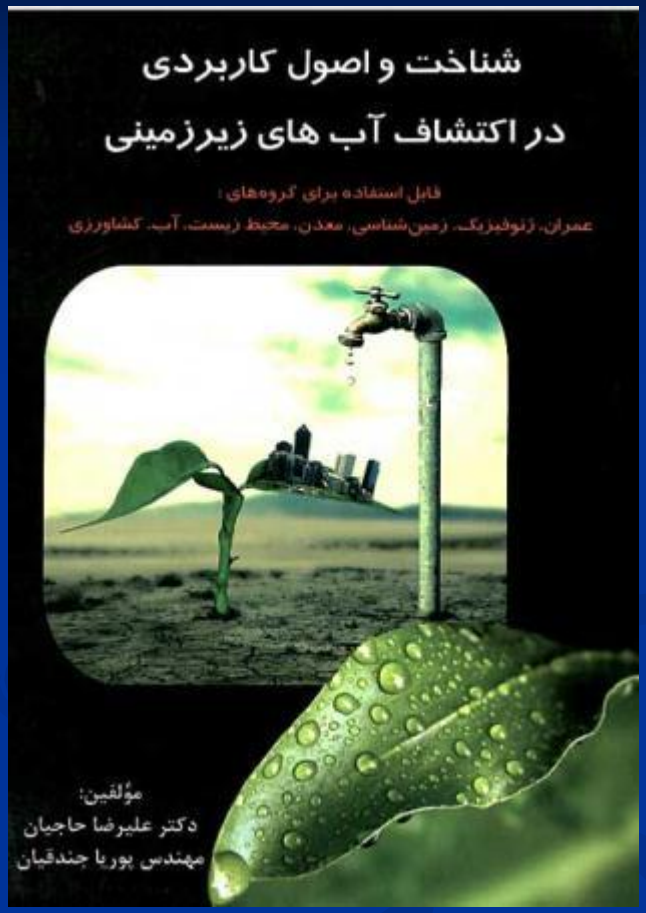
مدل‌سازی جریان آب زیرزمینی و انتقال آلاینده

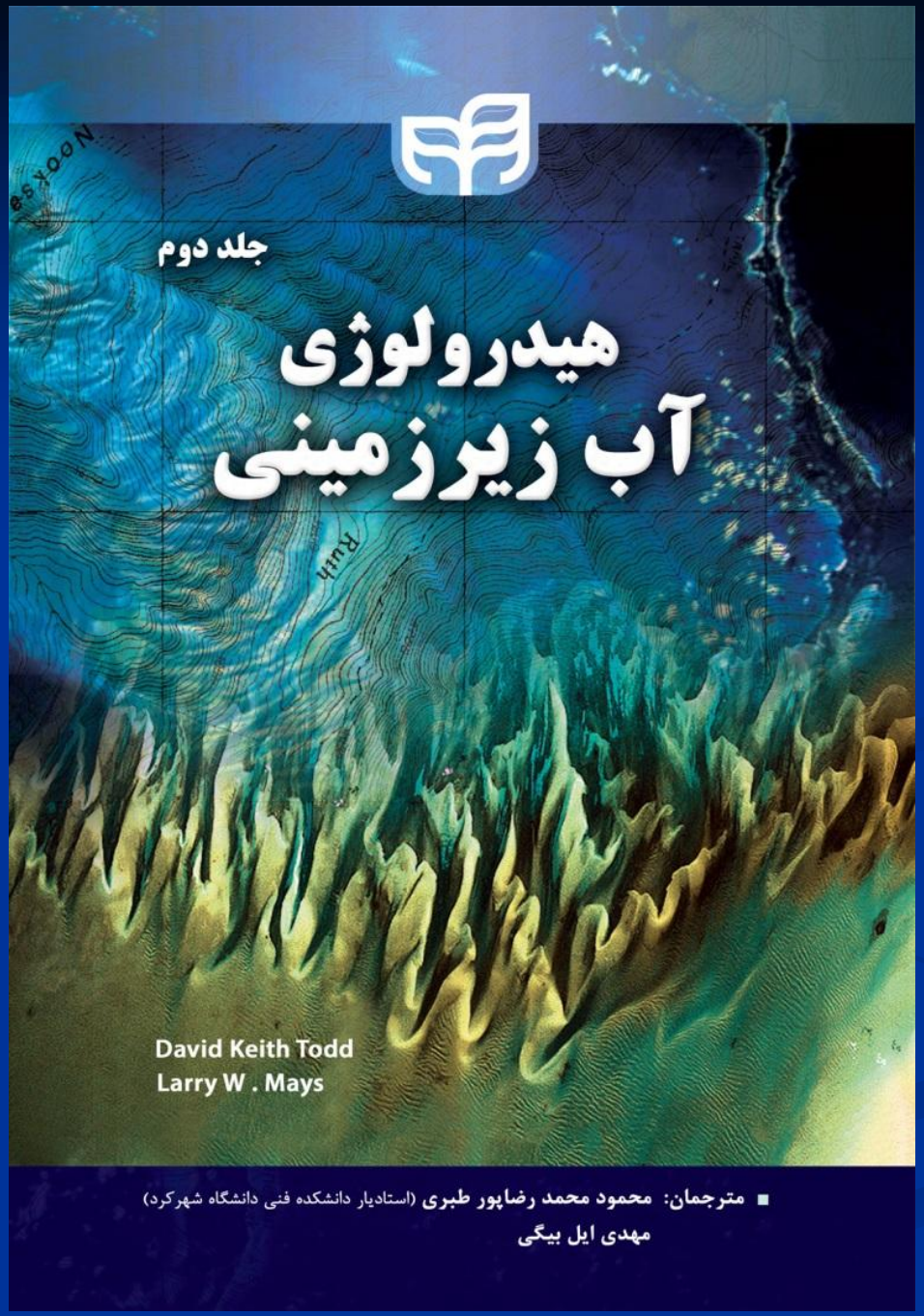
(تئوری و کاربردهای انتقال در محیط‌های متخلخل)



مترجمان:
مهندس فرشید فاران
مهندس سعید نورآبادی


انتشارات دانشگاه رازی
۲۹۱
مدیریت منابع آب‌های زیرزمینی
چاپ دوم
تالیف و تدوین : دکتر عبدالله طاهری تیزرو
مهندس الهام روشنی


شناخت و اصول کاربردی
در اکتشاف آب های زیرزمینی
قابل استفاده برای گروه‌های :
عمران، ژئوفیزیک، زمین‌شناسی، معدن، محیط زیست، آب، کشاورزی
مؤلفین:
دکتر علیرضا حاجیان
مهندس پوریا جندقیان

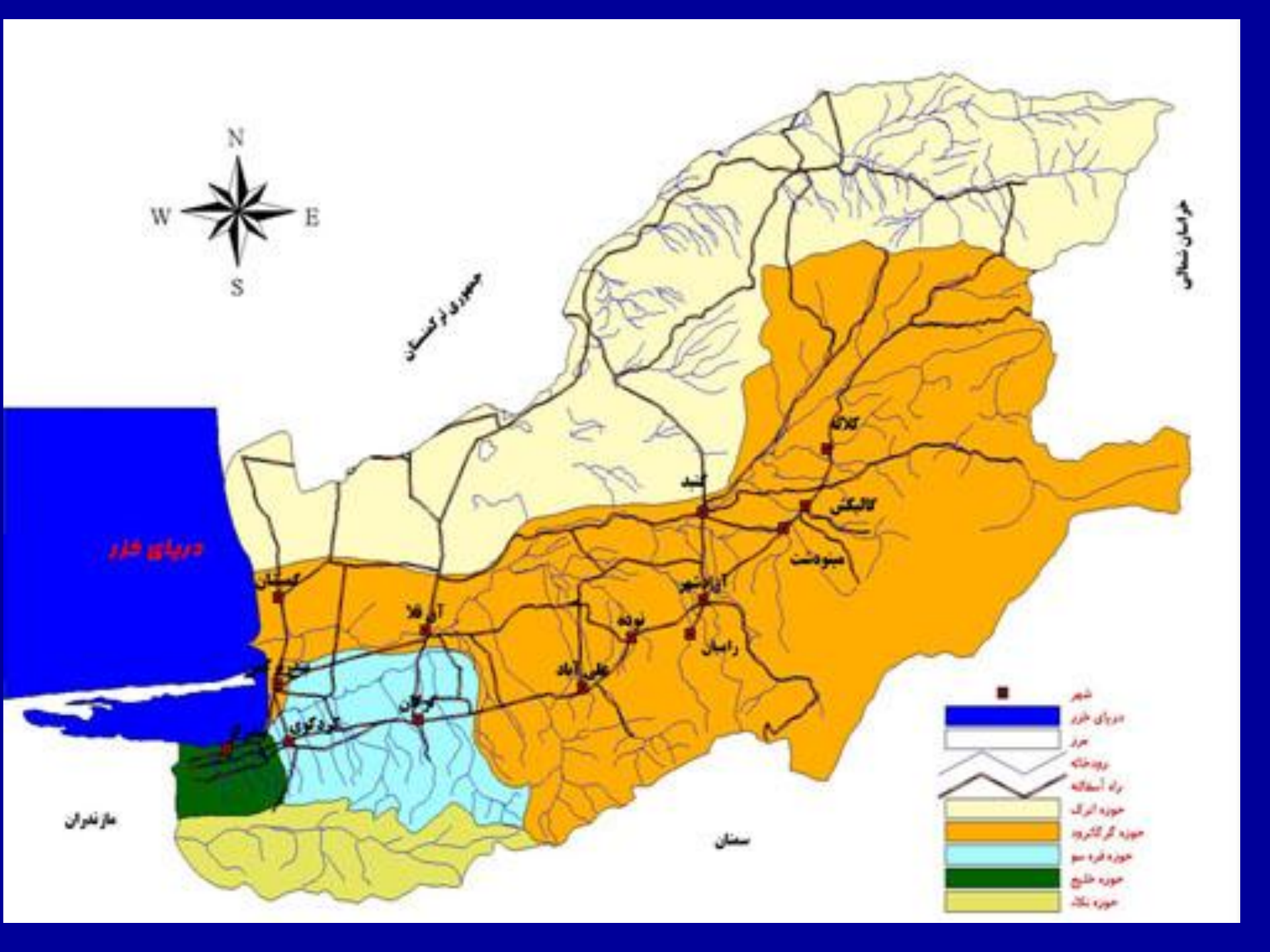

جلد دوم
هیدرولوژی
آب زیرزمینی
David Keith Todd
Larry W . Mays
مترجمان: محمود محمد رضاپور طبری (استادیار دانشکده فنی دانشگاه شهرکرد)
مهدی ایل بیگی

Chapter 2.

حوضه آبریز و روانآب

Watershed & Runoff

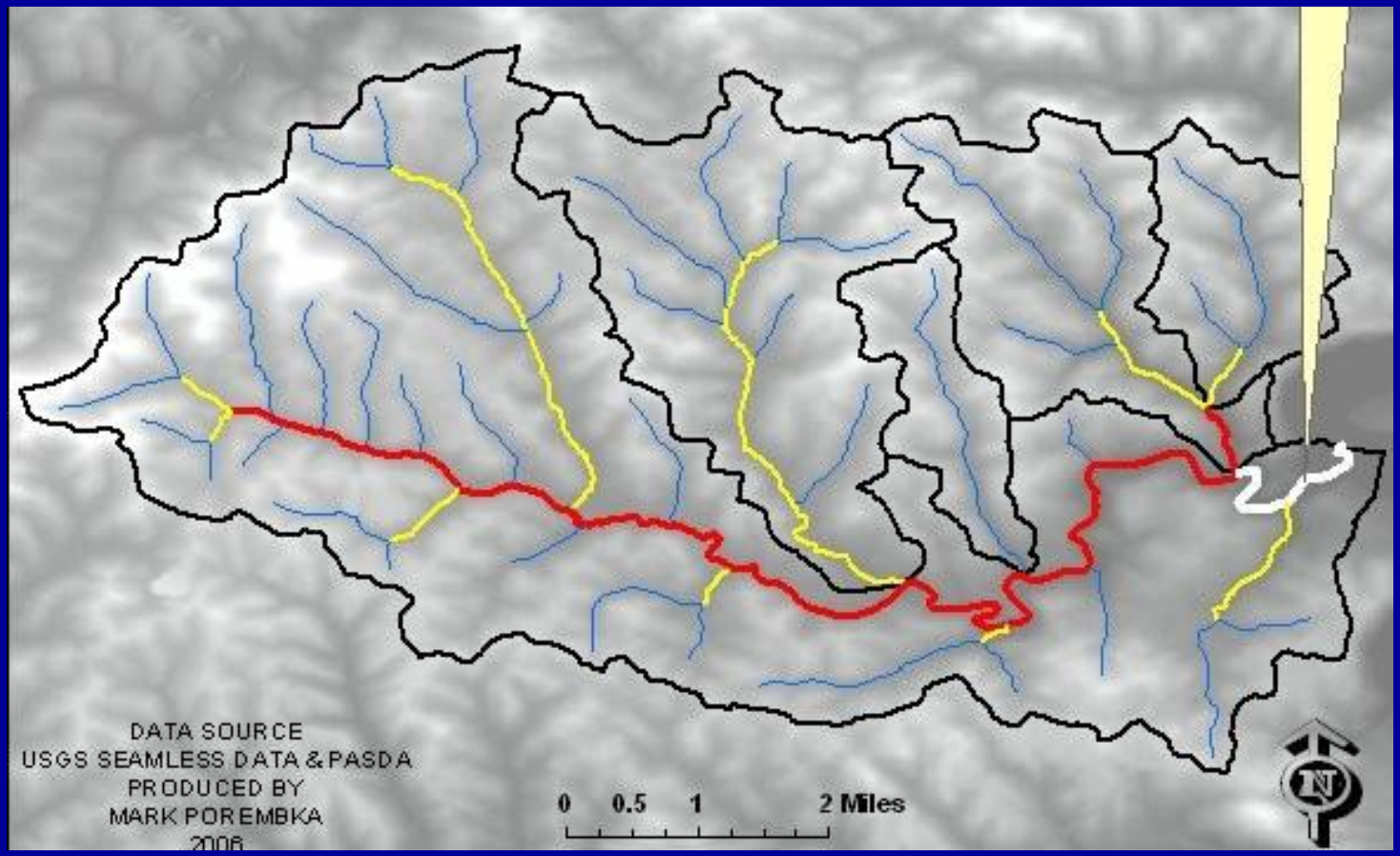
basin


N
W
E
S
جمهوری ترکمنستان
خراسان شمالی
دریای خزر
گلیدر
گالیکش
میبوذشت
آق قلا
بندر گز
مازندران
سمنان
شهر
دریای خزر
مرز
رودخانه
راه آسفالته
حوزه البرز
حوزه گرگانرود
حوزه قره سو
حوزه خلیج
حوزه بیابان

sub-basin

parcel

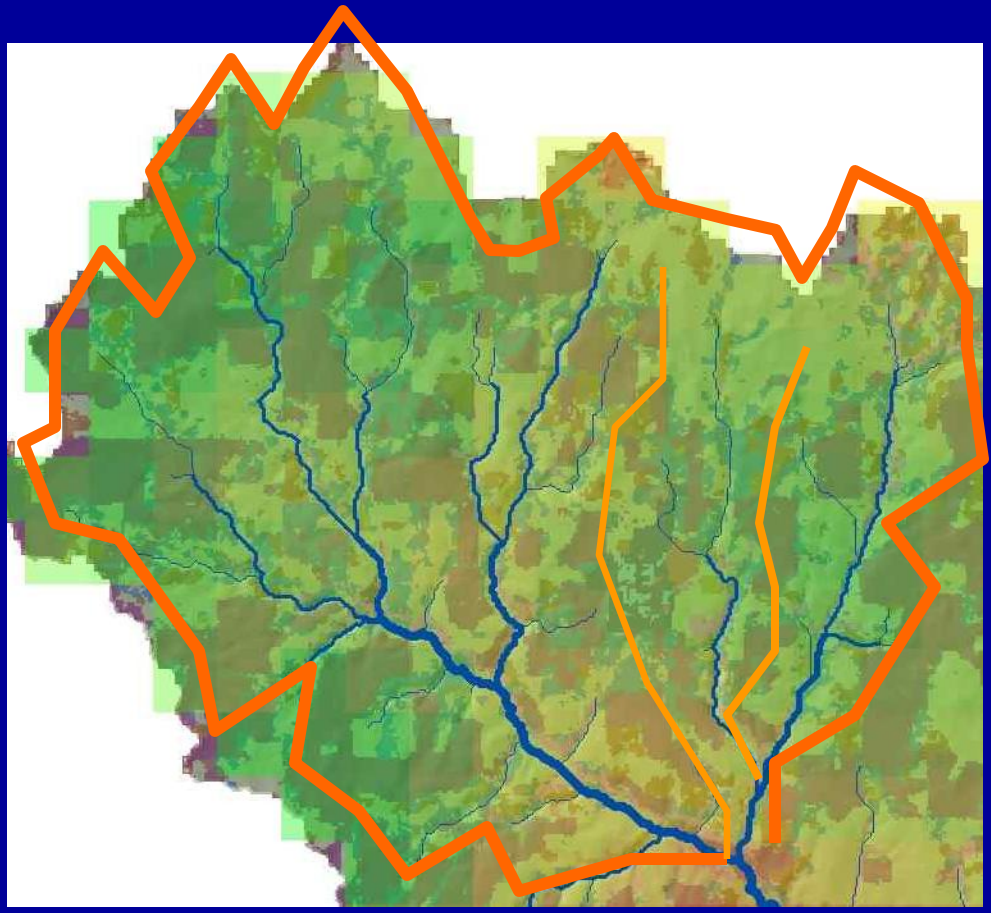
Main Drainage

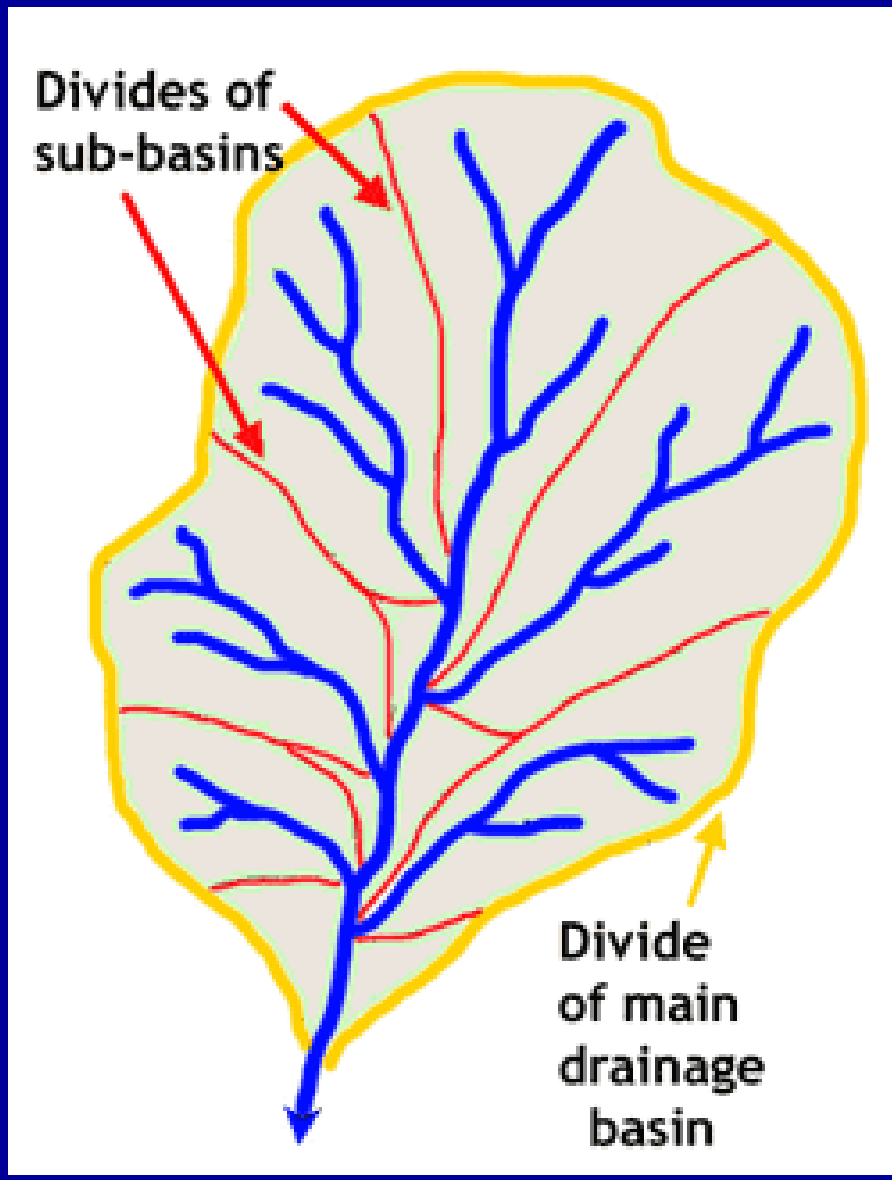


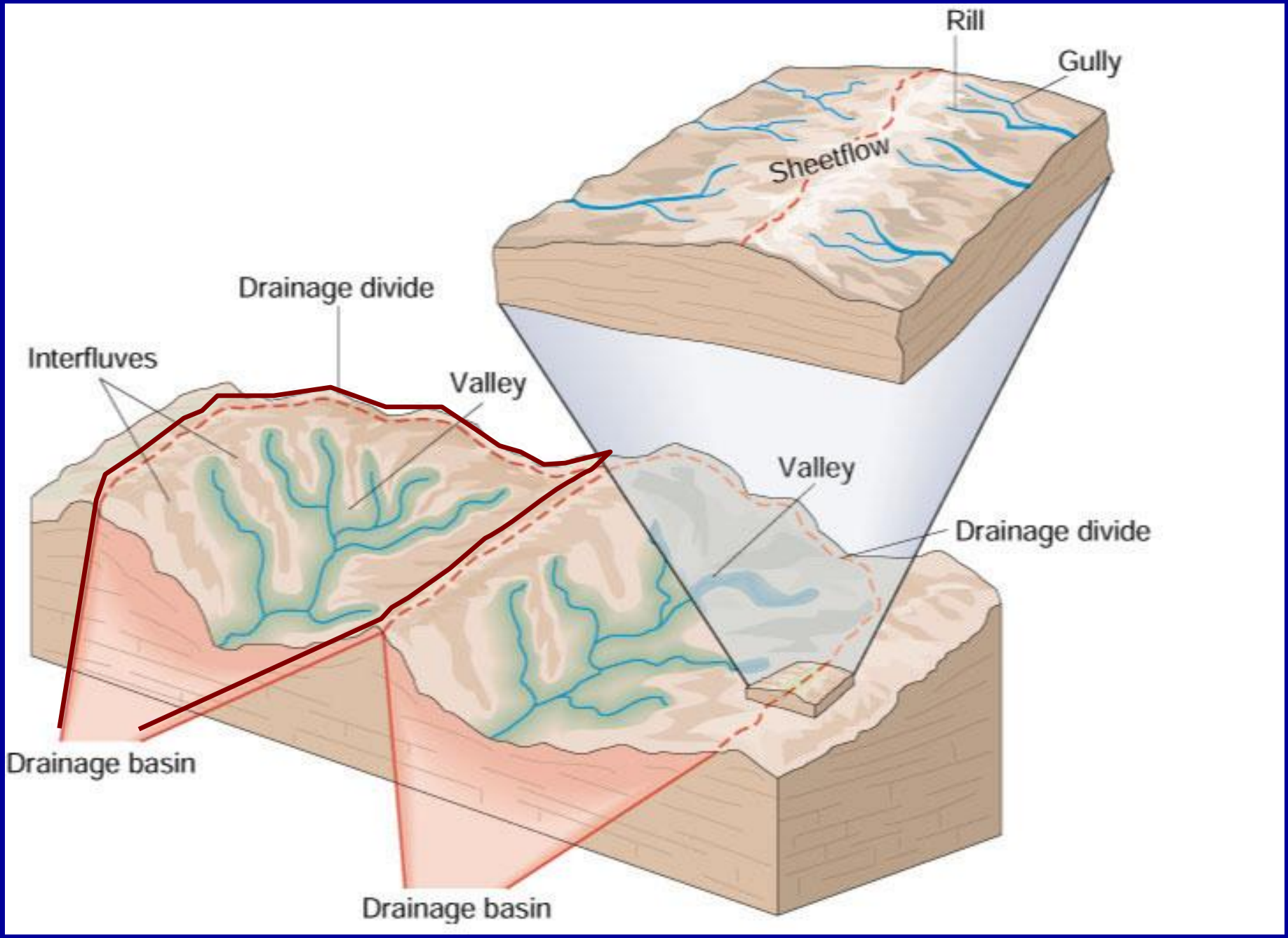
Time of Concentration

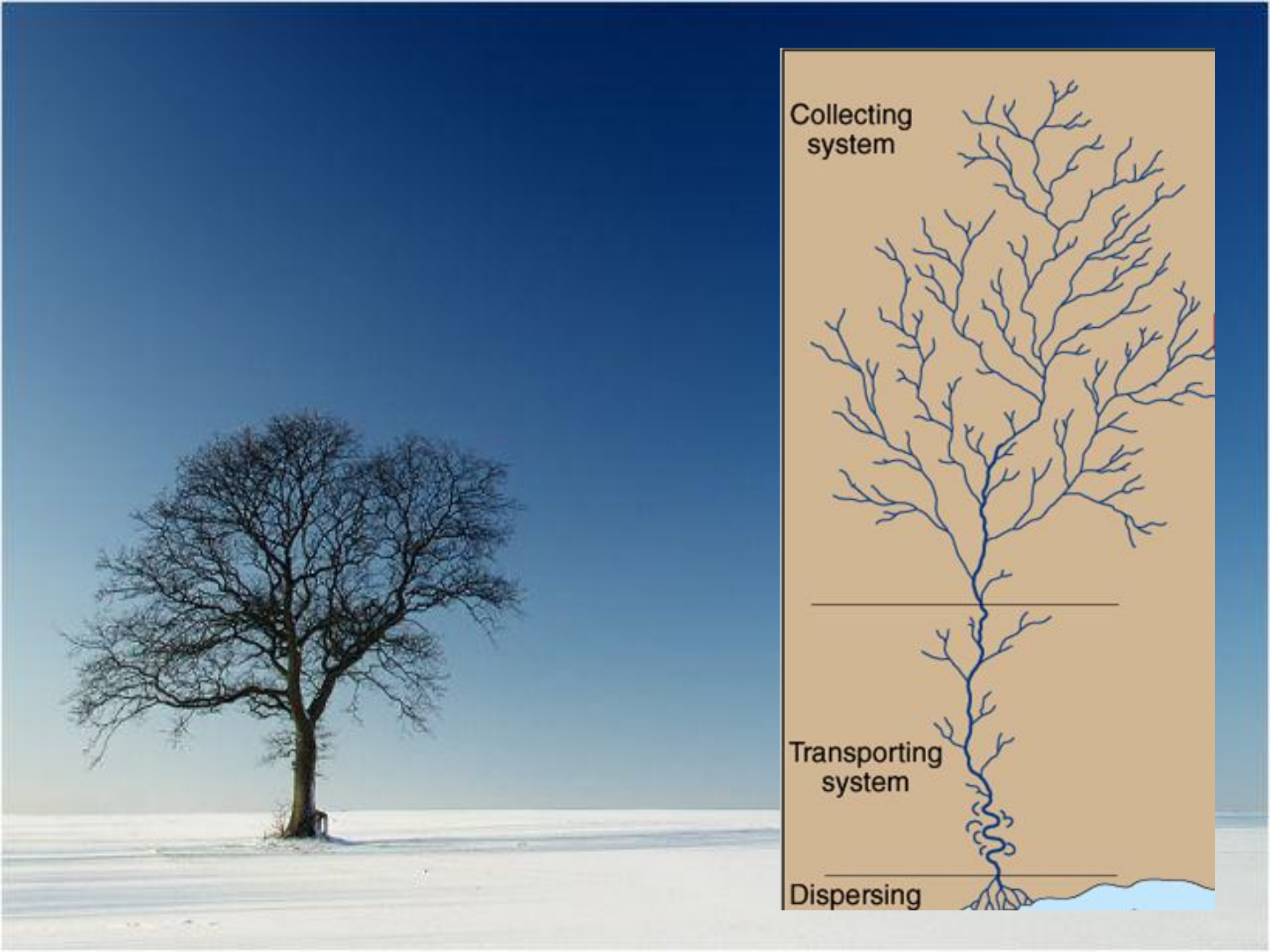
$$T_c = 0.95\left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Drainage basin
Drainage divide

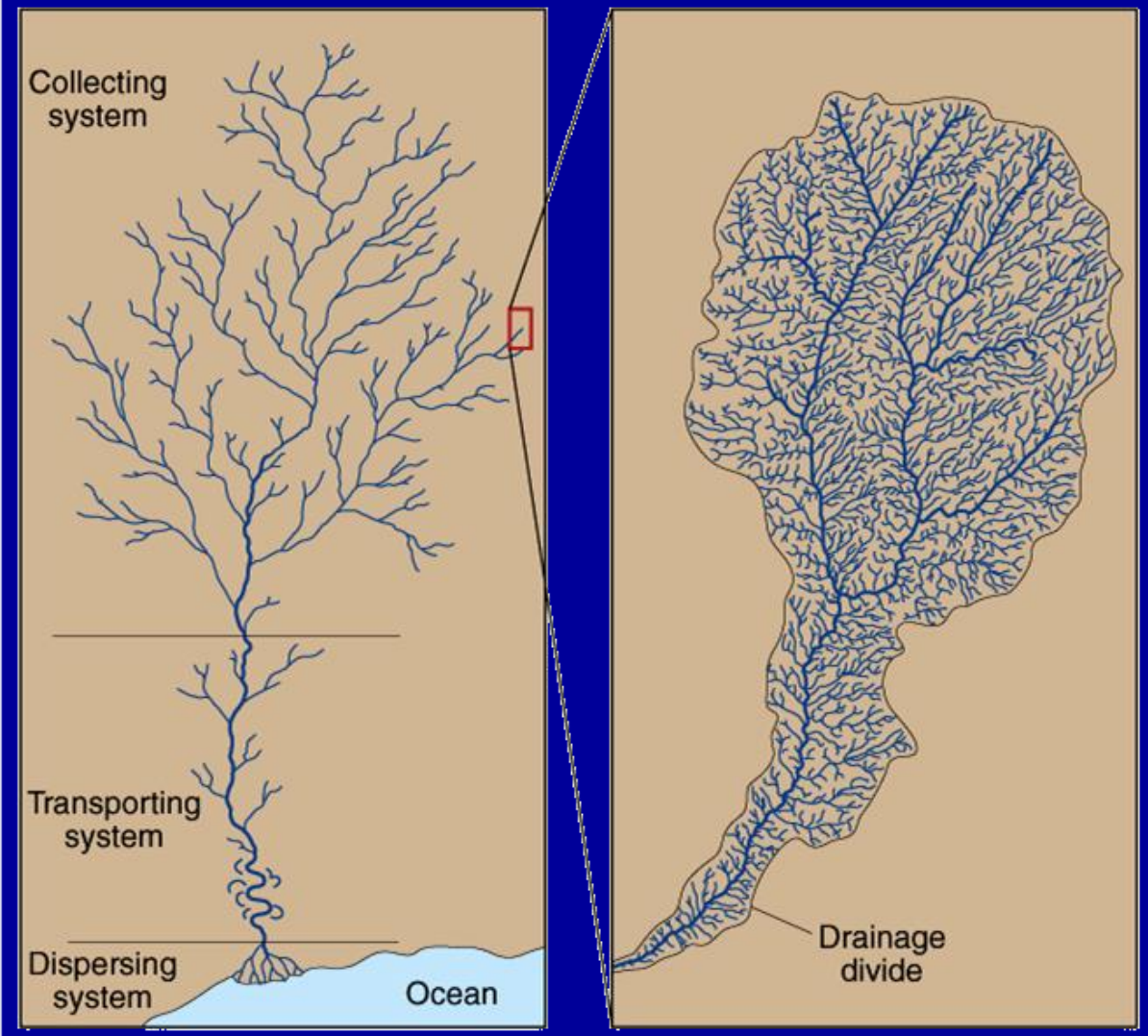





Rill
Gully
Sheetflow
Drainage divide
Interfluves
Valley
Valley
Drainage divide
Drainage basin
Drainage basin


Collecting
system
Transporting
system
Dispersing

شبکه آبراهه های حوضه آبریز



Collecting system

Transporting system

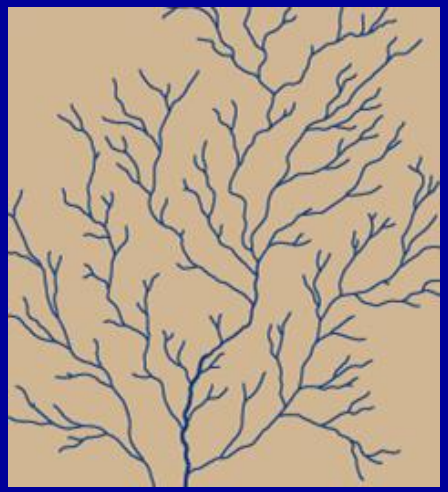
Dispersing system

معیارهای سنجش تکامل حوضه

Density
Order
Bifurcation

$$D = \frac{\Sigma L_i}{A}$$

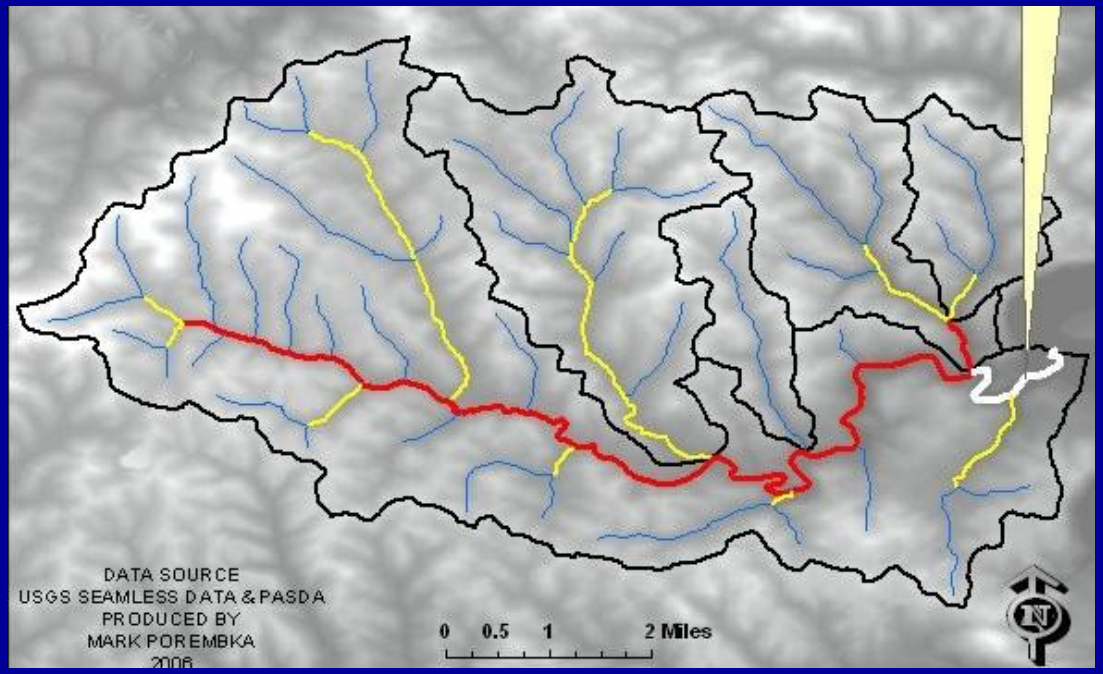
تراکم کم

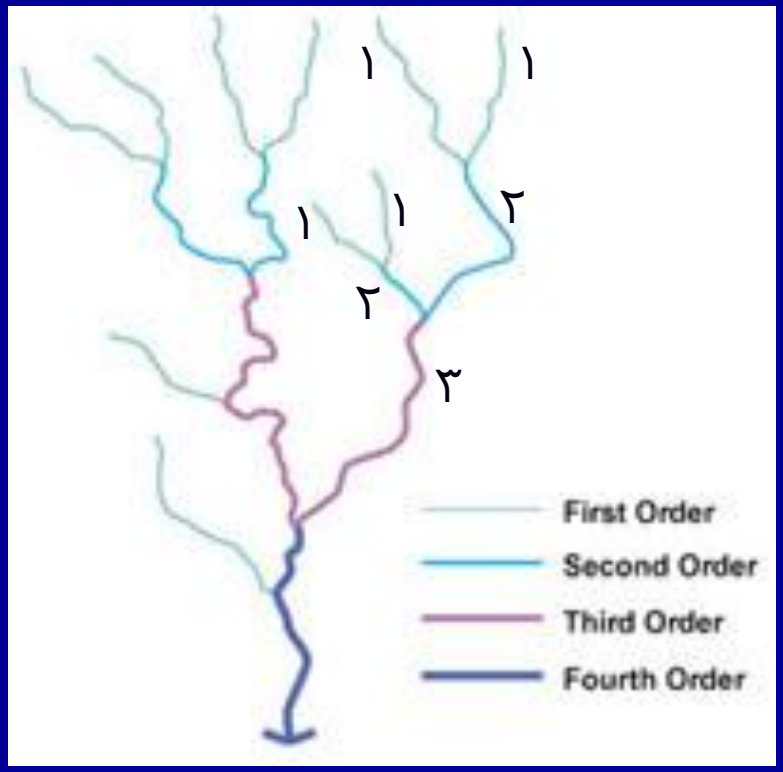


تراکم زیاد

دو نوع تراکم و الگوی انشعابات در آبراهه ها

رده بندی شبکه رودخانه های حوضه





Bifurcation ratio

برای مشخص کردن تأثیر انشعابات شبکهٔ رودخانه بر هیدروگراف سیل، از نـمایه نسـبت *انشعاب* (bifurcation ratio) استفاده می‌شود.

اگر در حوضه‌ای n_1 ، n_2 ، n_3 ، ... و n_i به ترتیب تعداد رودخانه‌های ردهٔ ۱ ، ۲ ، ۳ ،...و i باشد برحسب تعریف نسبت انشعاب رودخانه های این حوضه برابر است با:

$$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \frac{n_3}{n_4} + \ldots + \frac{n_{i-1}}{n_i}\right)\frac{1}{i-1} \qquad (۲-۱۲)$$

که در آن:

BR = نسبت انشعاب رودخانه‌هادر حوضه و i = شماره رده رودخانه اصلی حوضه می‌باشد.

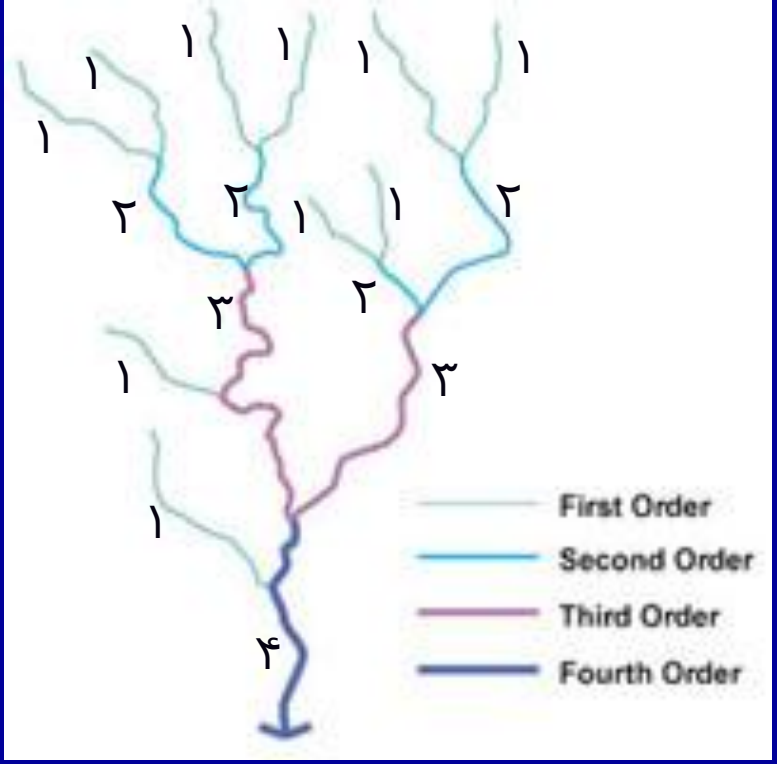
نسبت انشعاب رودخانه ها

از بررسی رده رودخانه ها ، نسبت انشعاب رودخانه ها(*Bifurcation Ratio*) بصورت زیر تعریف می شود.

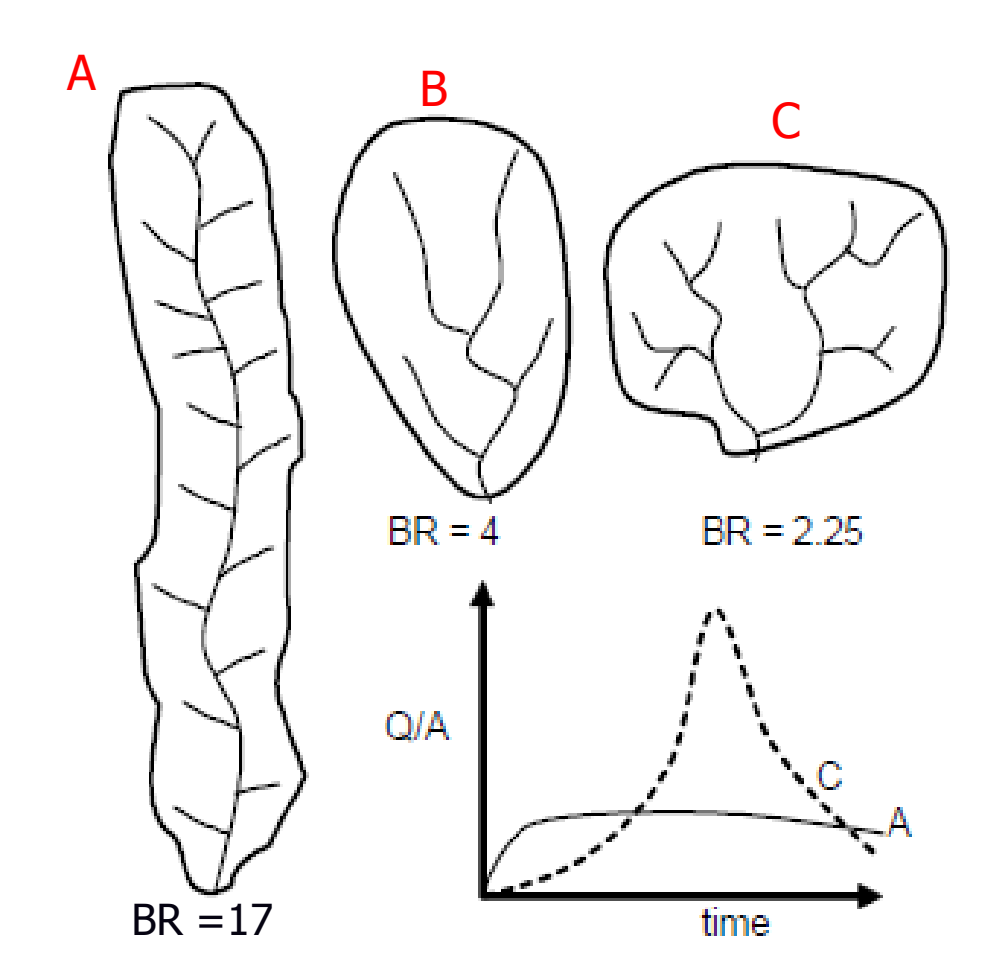
$$BR = AntiLog\left(\frac{Logn_1 - Logn_i}{n-1}\right)$$

n_1= تعداد رودخانه های رده یک و n_i = تعداد آخرین رده (تعداد بزرگترین شماره های رودخانه هایی که به خروجی ختم می شود) و n = شماره رده رودخانه اصلی (بزرگترین شماره) .

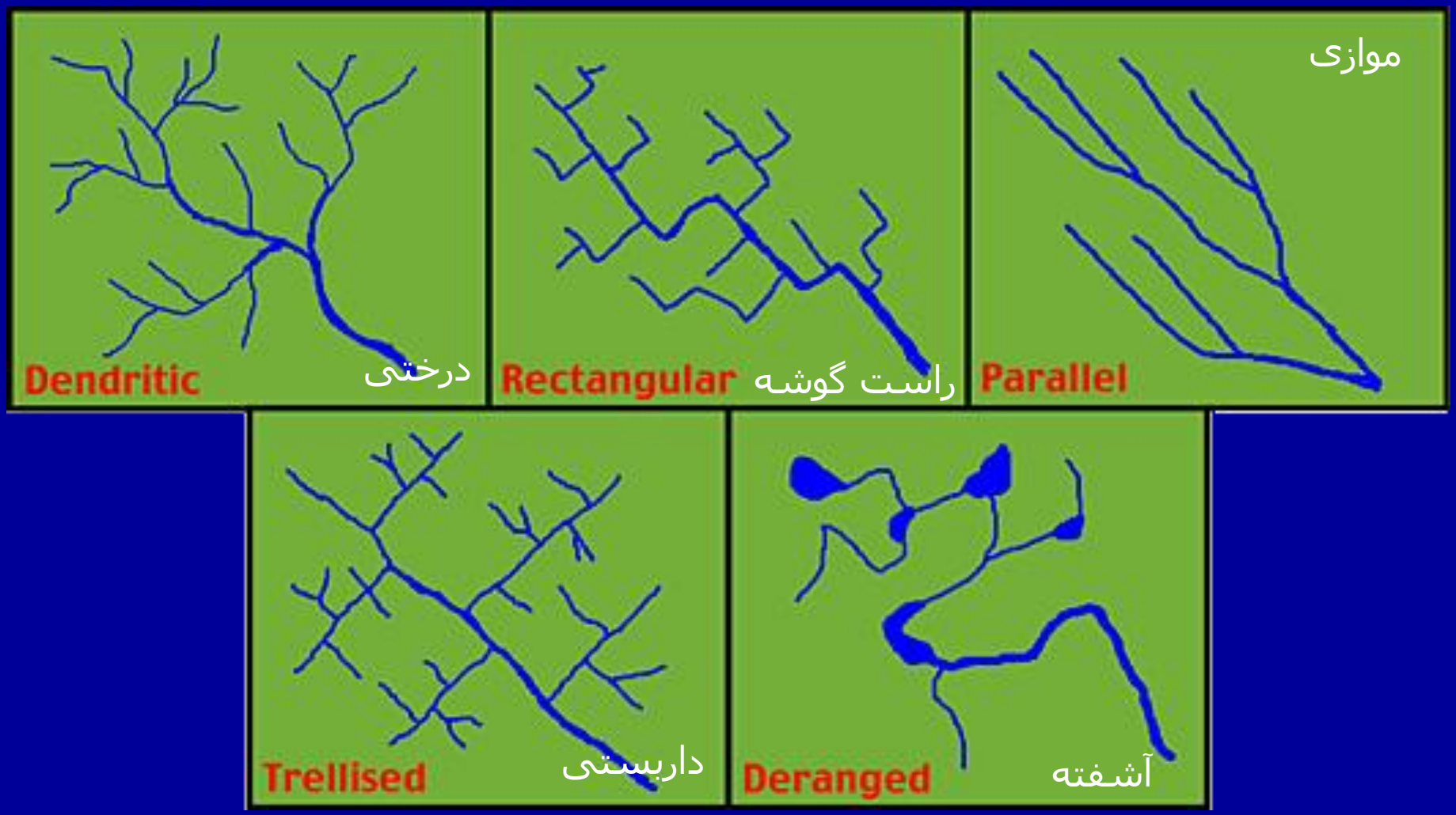
BR = AntiLog (Log10 –Log 1)/4-1
= 2.15

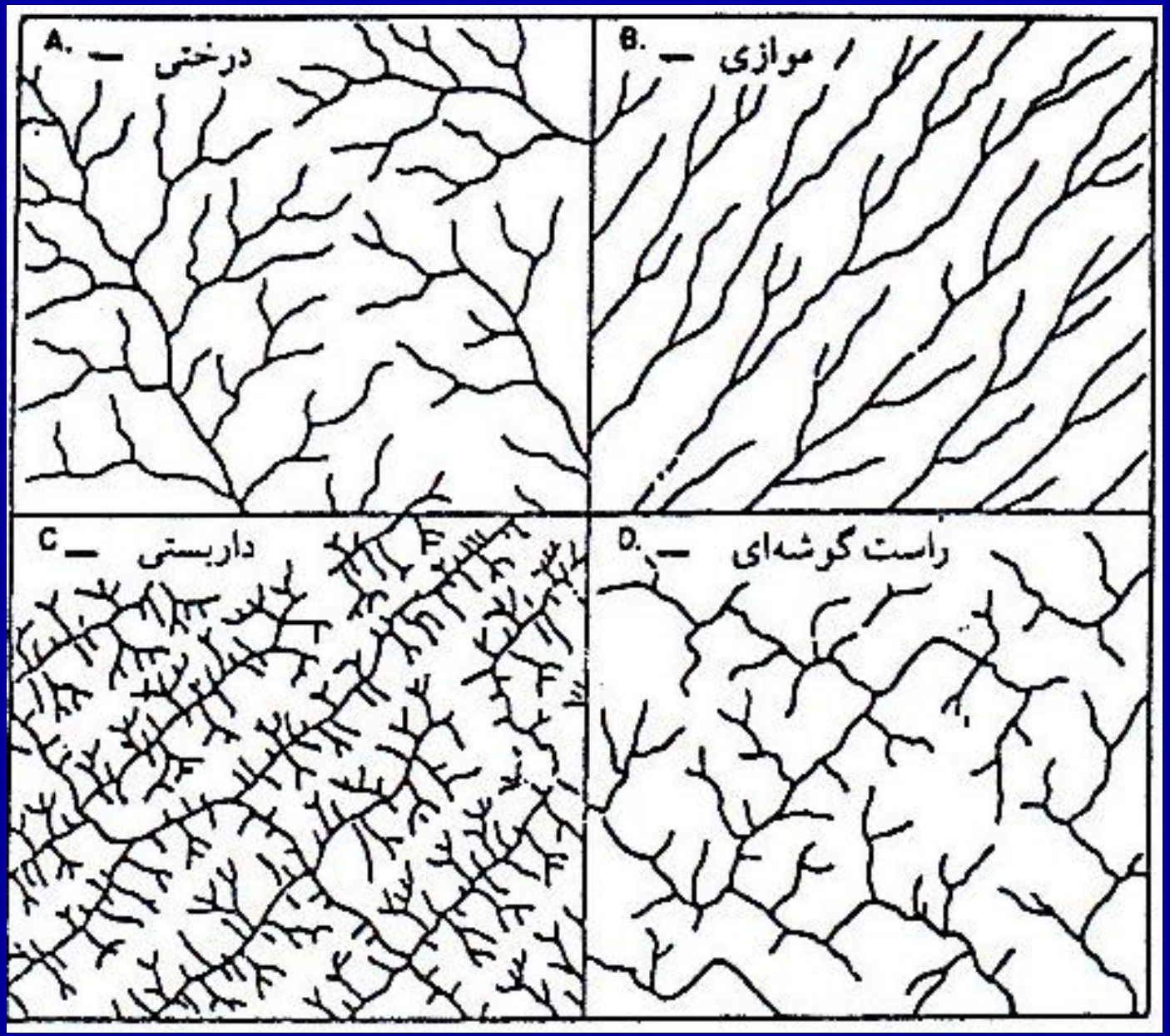


ردخانه های حوضه های آبریز زیر را محاسبه کنید



الگوهای انشعابات در شبکه آبراهه ها




A. — درختی
B. — موازی
C — داربستی
D. — راست گوشه‌ای

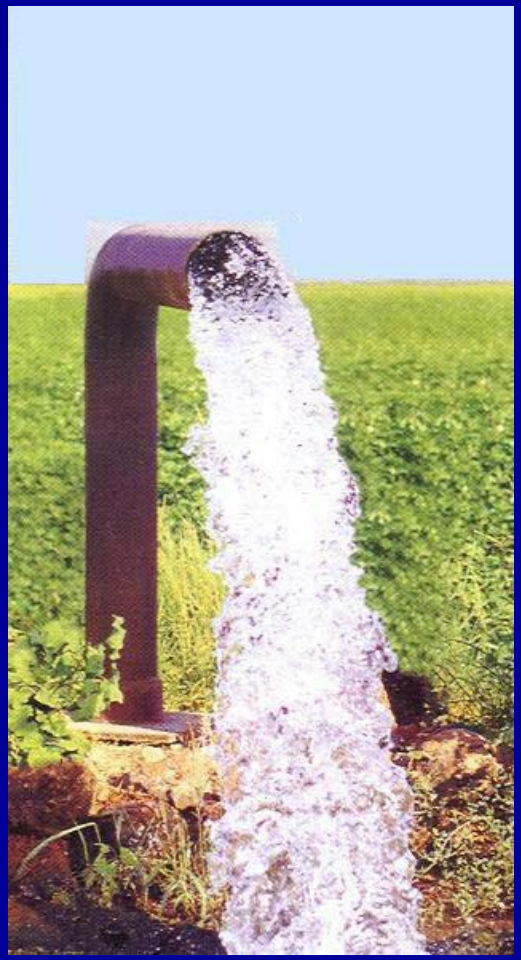
تراکم سرشاخه ها و خط تقسیم حوضه آبریز

خصوصیات حوضه های آبریز

خصوصیات هندسی	سطح ، محیط ، شکل ، شیب ، تراکم ، رده
خصوصیات خاکشناسی	تیپ ، دانه بندی ، بافت ، ساخت ، فرسایش پذیری ، نفوذپذیری
پوشش گیاهی	تیپ گیاهی ، توزیع پوشش
خصوصیات آبشناسی	نگهداشت سطحی ، آب زیر زمینی ، روانآب
خصوصیات زمین شناسی	نوع مواد ، ساختار زمین شناسی ، انحلال ، فرسایش
آب و هوا	دما ، مقدار و نوع بارندگی ، فراوانی وقوع ، یخبندان
بار رسوب	فرسایش ، انتقال و رسوبگذاری ، محیط های رسوبی
عوامل انسانی	کشاورزی ، عمرانی ، تاسیسات ، دامداری

رودخانه مجموعه ای است پویا از آب و مواد زمین که برای رسیدن به تعادل با عوامل پیرامون خود در تلاش است.

Q=AV



R و P بر حسب CM می باشد.

$$R=0.57(P-24)$$

$$Q=A\times R$$

$$Q=0.278CiA$$

Q=حداکثر دبی رواناب (متر مکعب در ثانیه) C=ضریب رواناب A=سطح حوضچه آبریز (KM^2) و I=شدت بارندگی بر حسب میلی متر در ساعت

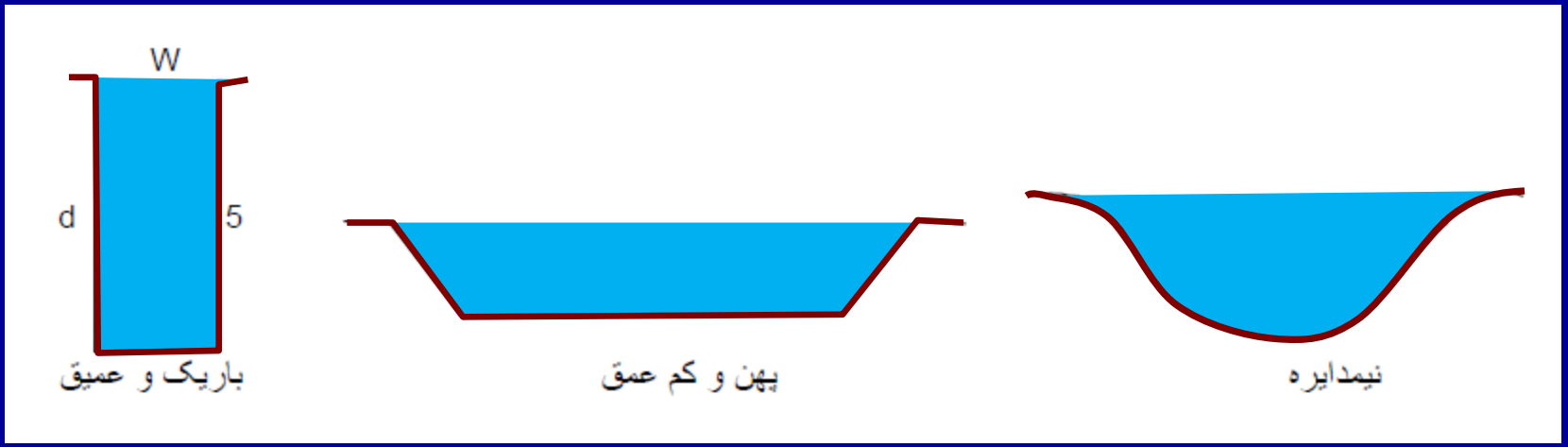
شیب یا گرادیان رودخانه (Gradient) :

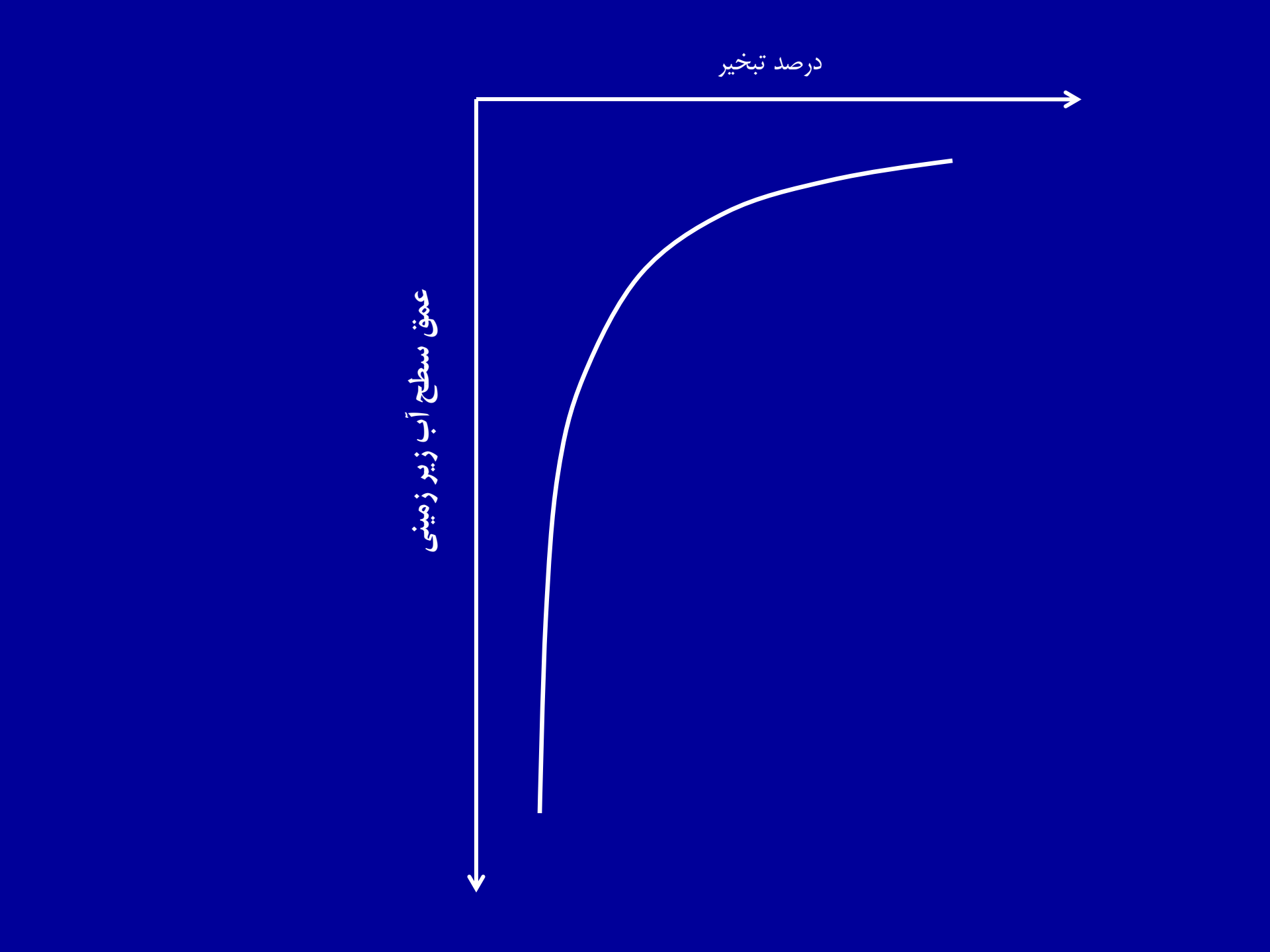
بار رودخانه :

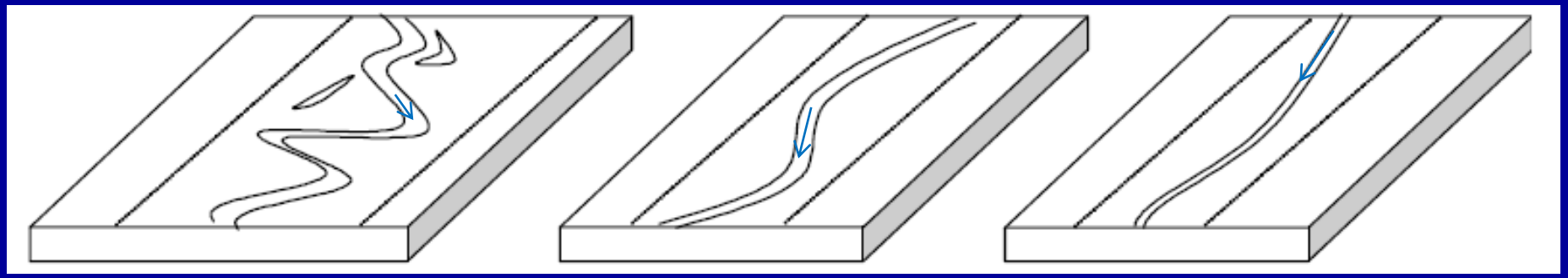
شکل و اندازه رودخانه :

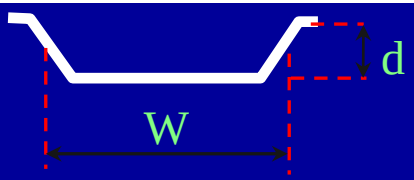
$$P = w + 2d$$

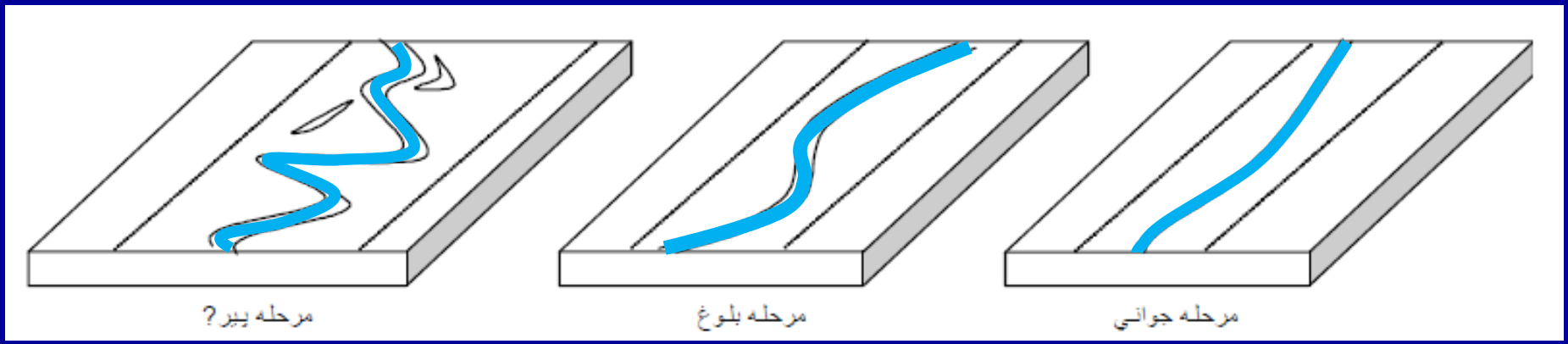
perimeter

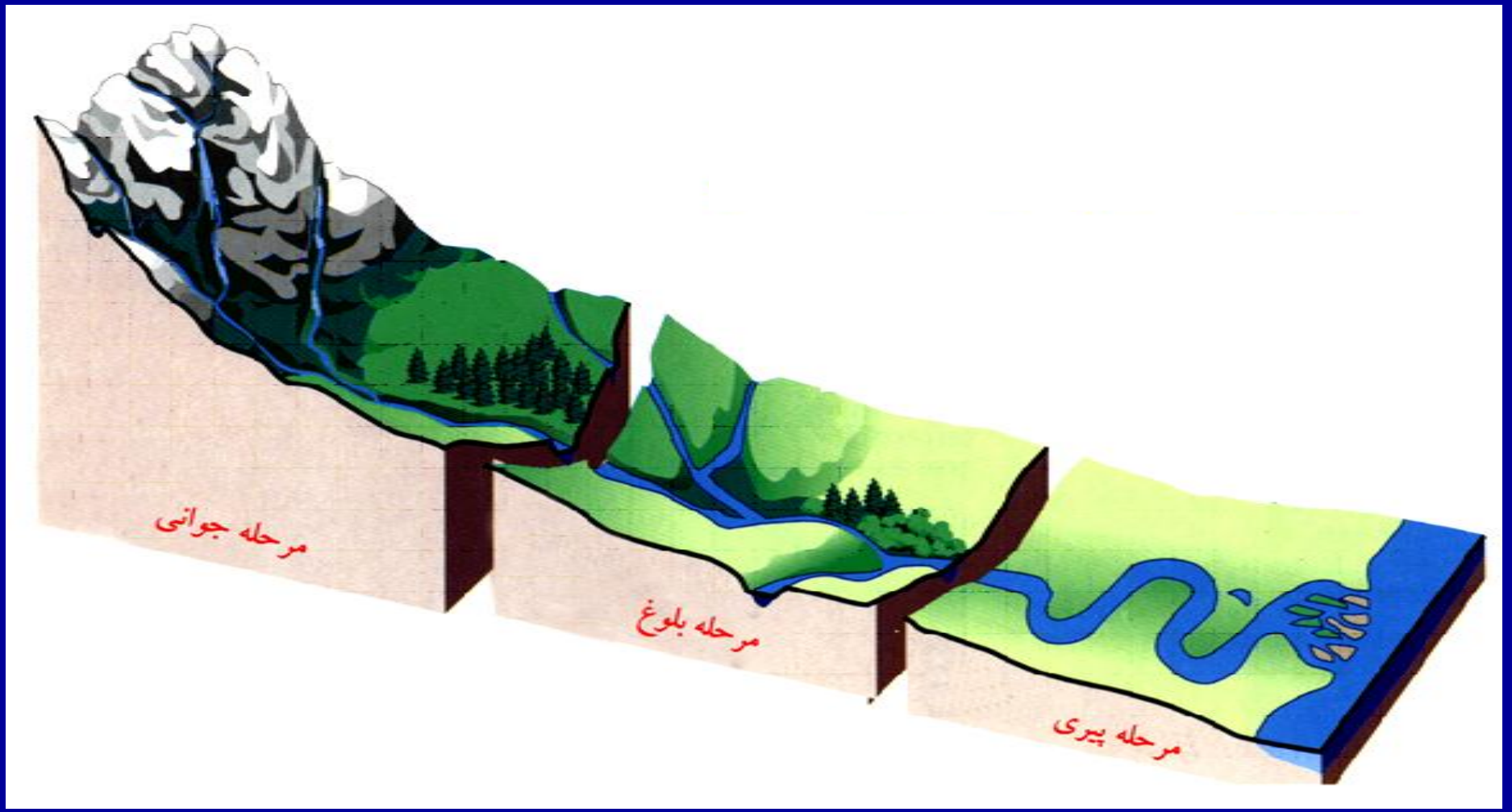


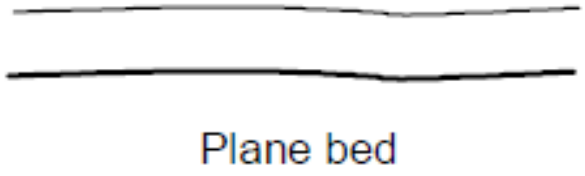

درصد تبخیر
عمق سطح آب زیر زمینی




d
W


مرحله جوانی
مرحله بلوغ
مرحله پیر؟


مرحله جوانی
مرحله بلوغ
مرحله پیری



Plane bed

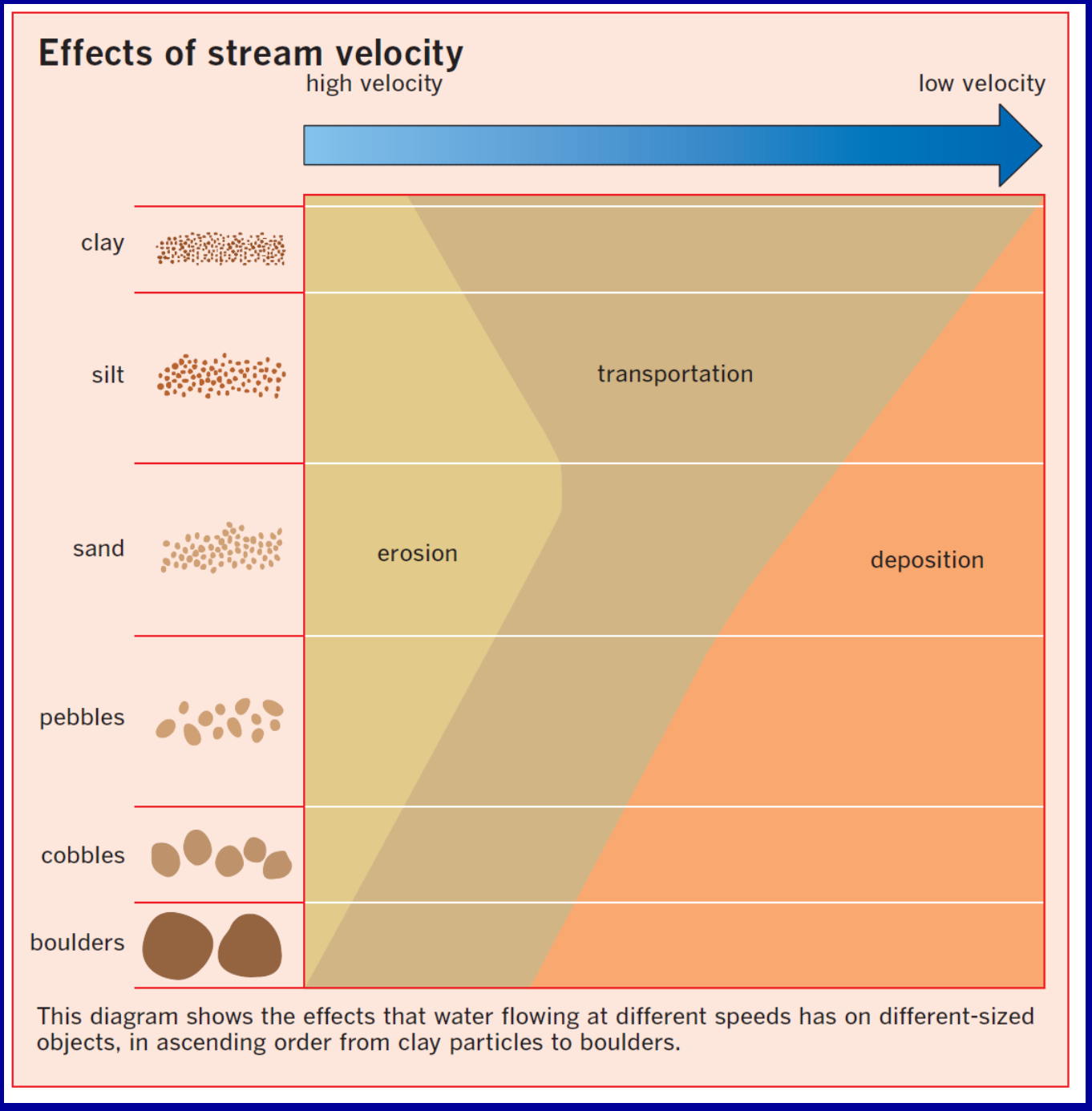
Ripple

Chute & pool

Bar

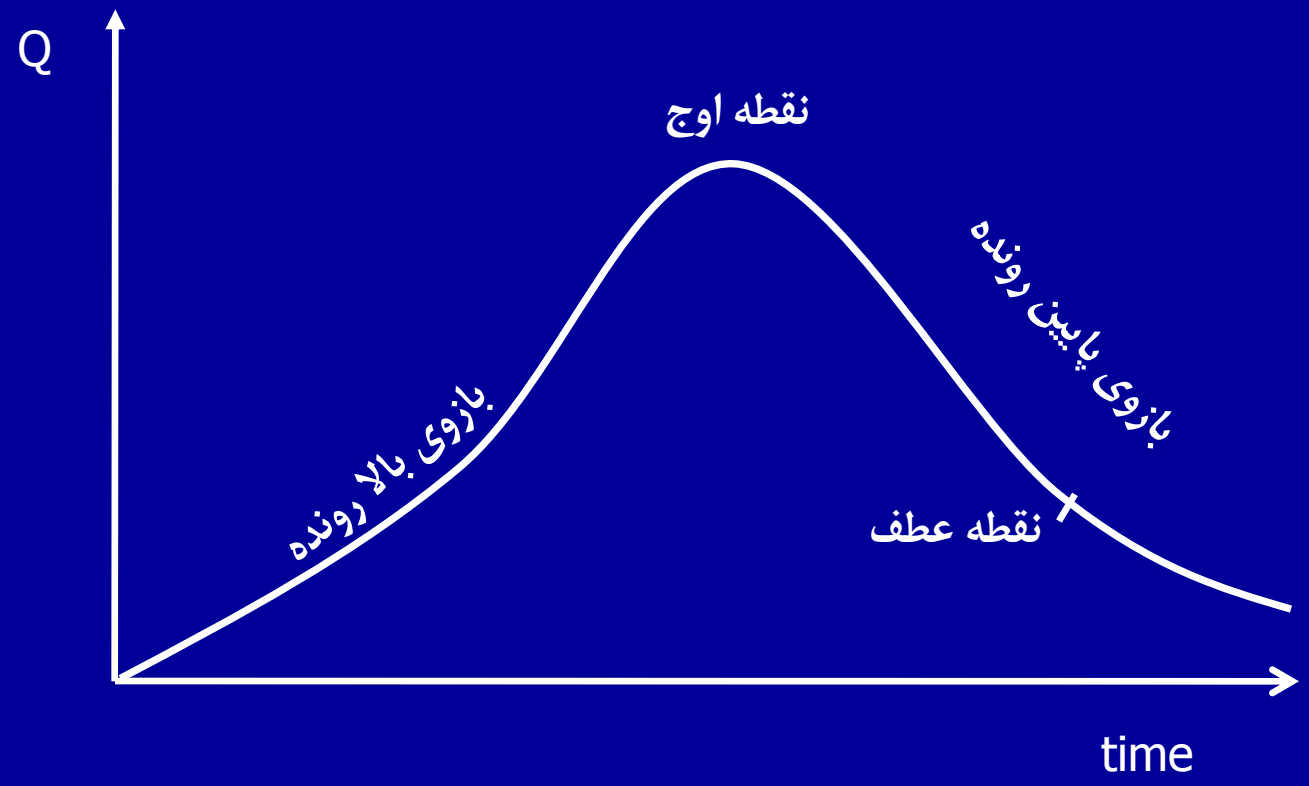
Dunes

Antidunes

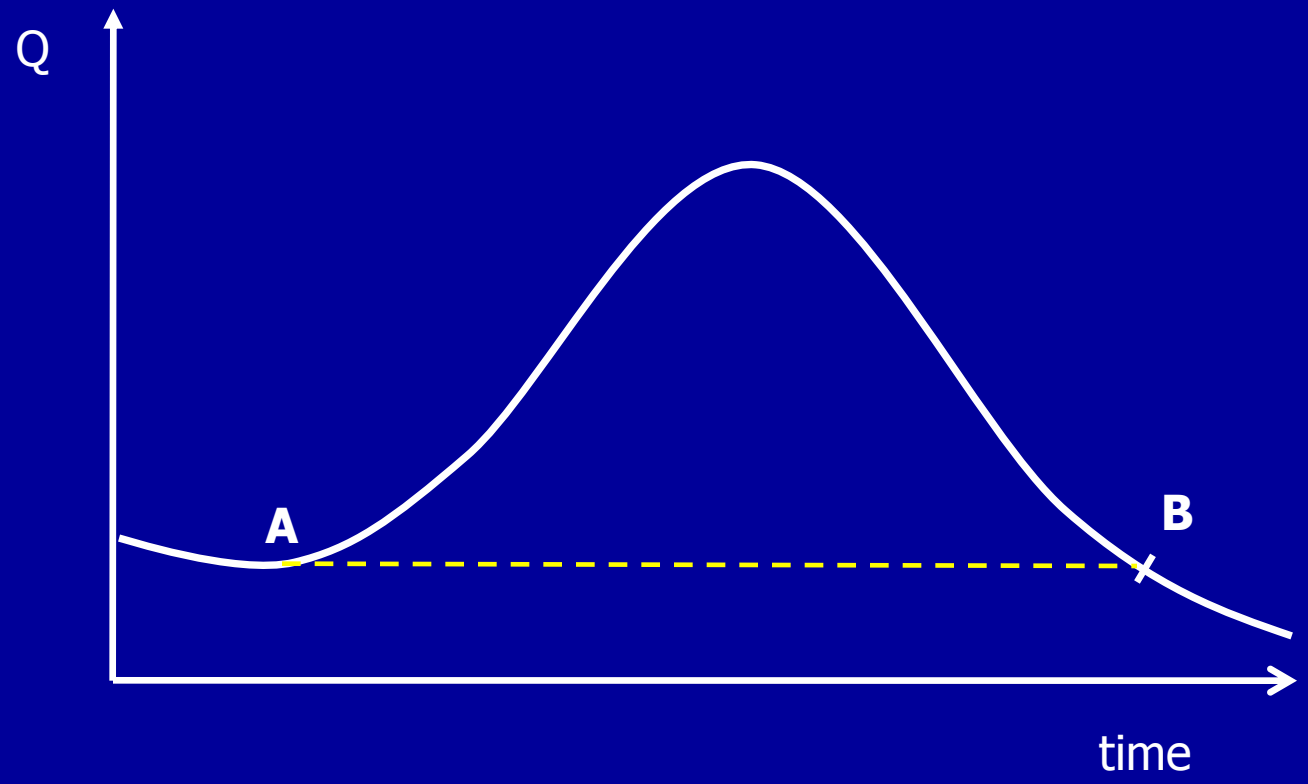


This diagram shows the effects that water flowing at different speeds has on different-sized objects, in ascending order from clay particles to boulders.

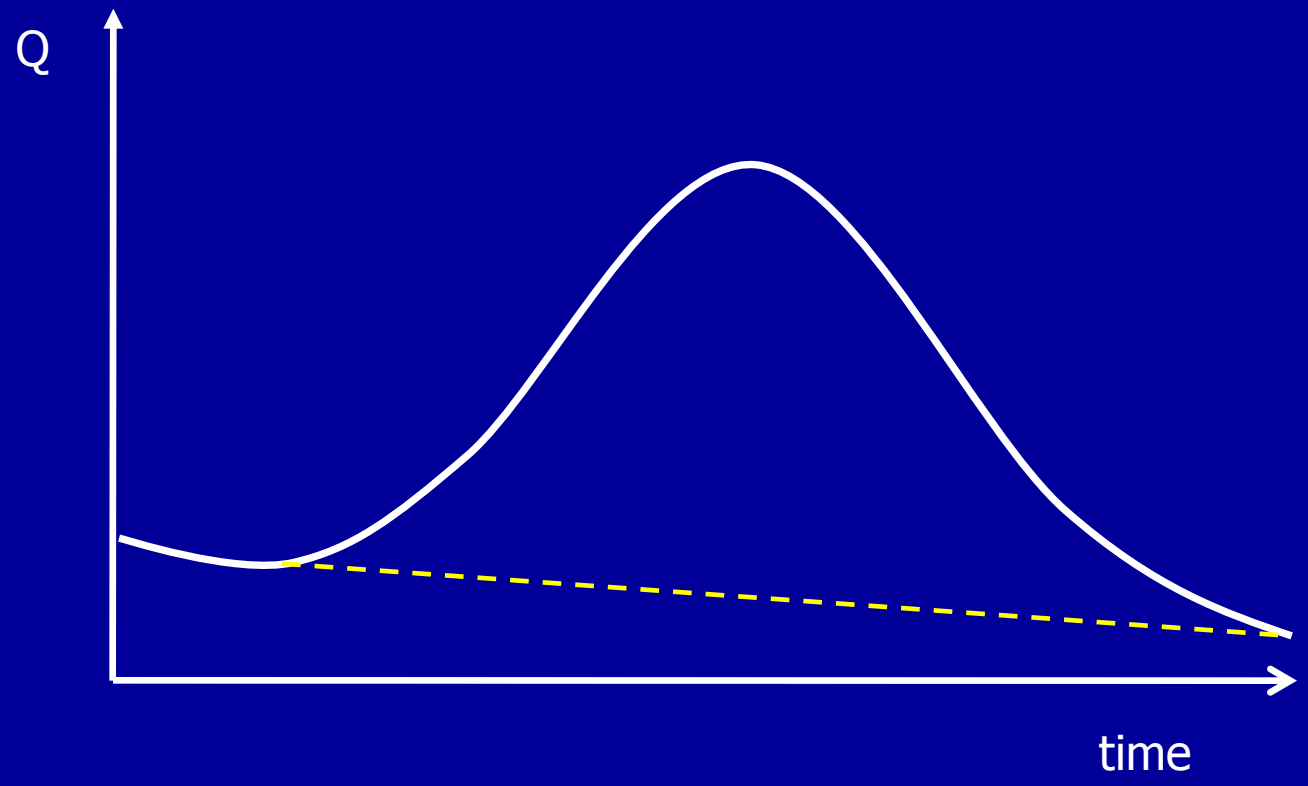
هیدروگراف سیلاب



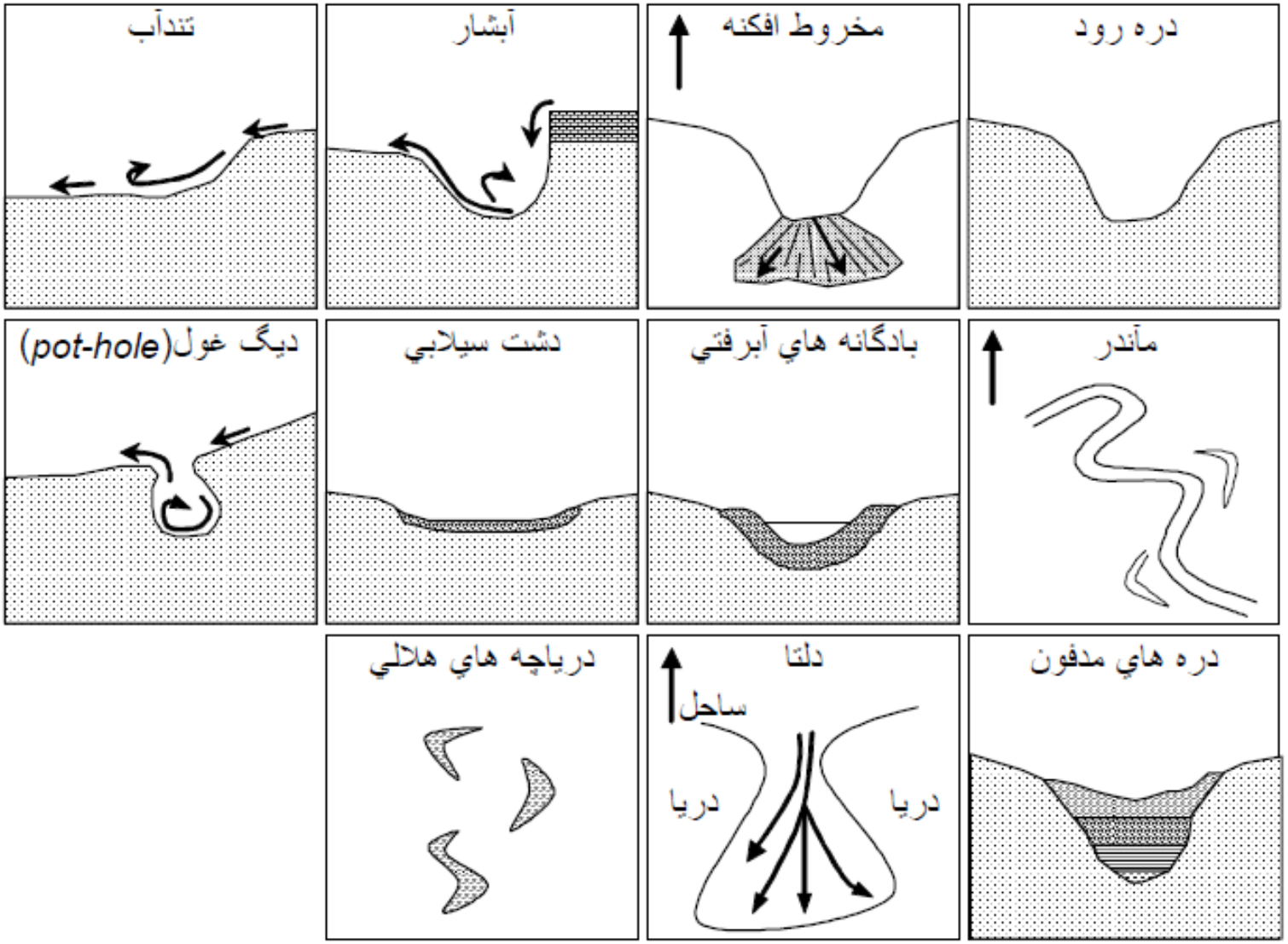
هیدروگراف رودخانه – پایه



هیدروگراف رودخانه – پایه



فرآیندهای رودخانه



Stream Deposition

Flood plains **دشتهای سیلابی**

Deltas **دلتا**

دره های آبرفتی و مخروط افکنه ها

Alluvial valleys and fans

Meandering Streams

رودخانه های مآندری

Rivers flow in a sinuous pattern

جریان رودخانه ها دارای یک الگوی سینوسی هستند .

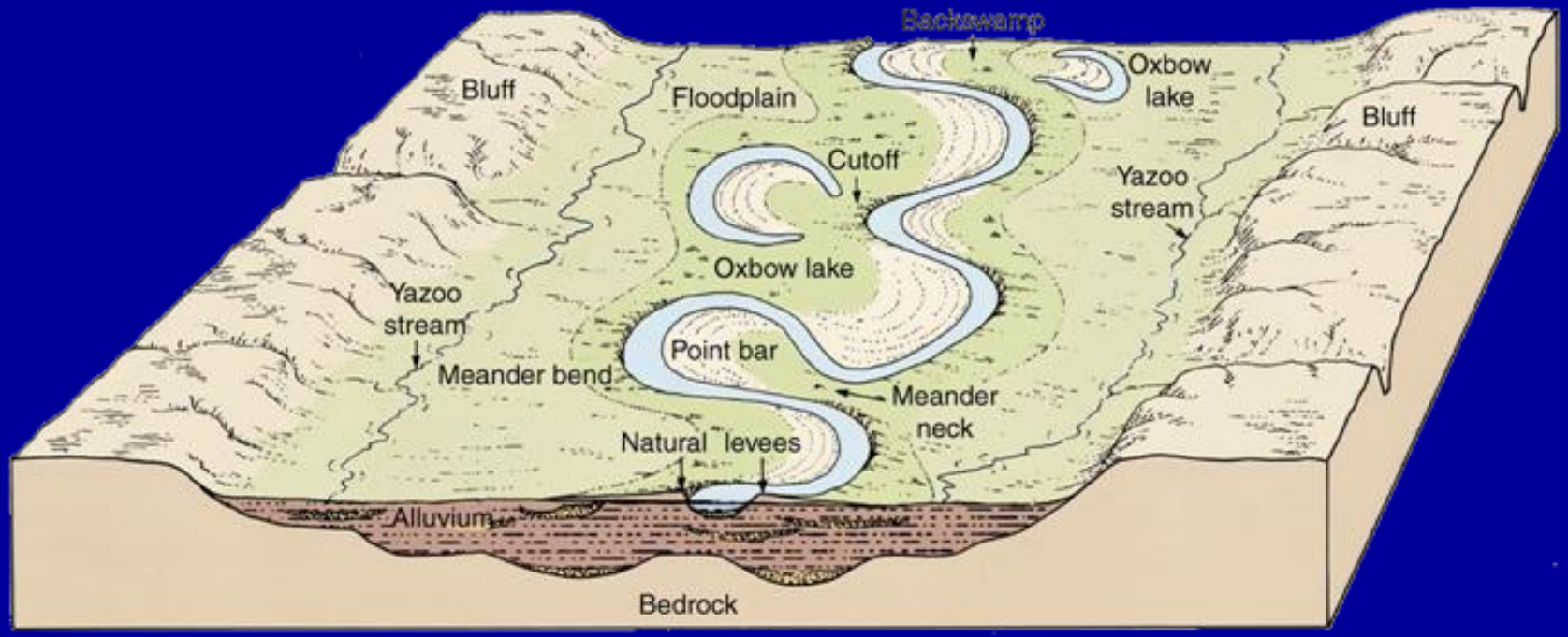
Turbulent flow & velocity changes eroded one bank,

deposit on the other

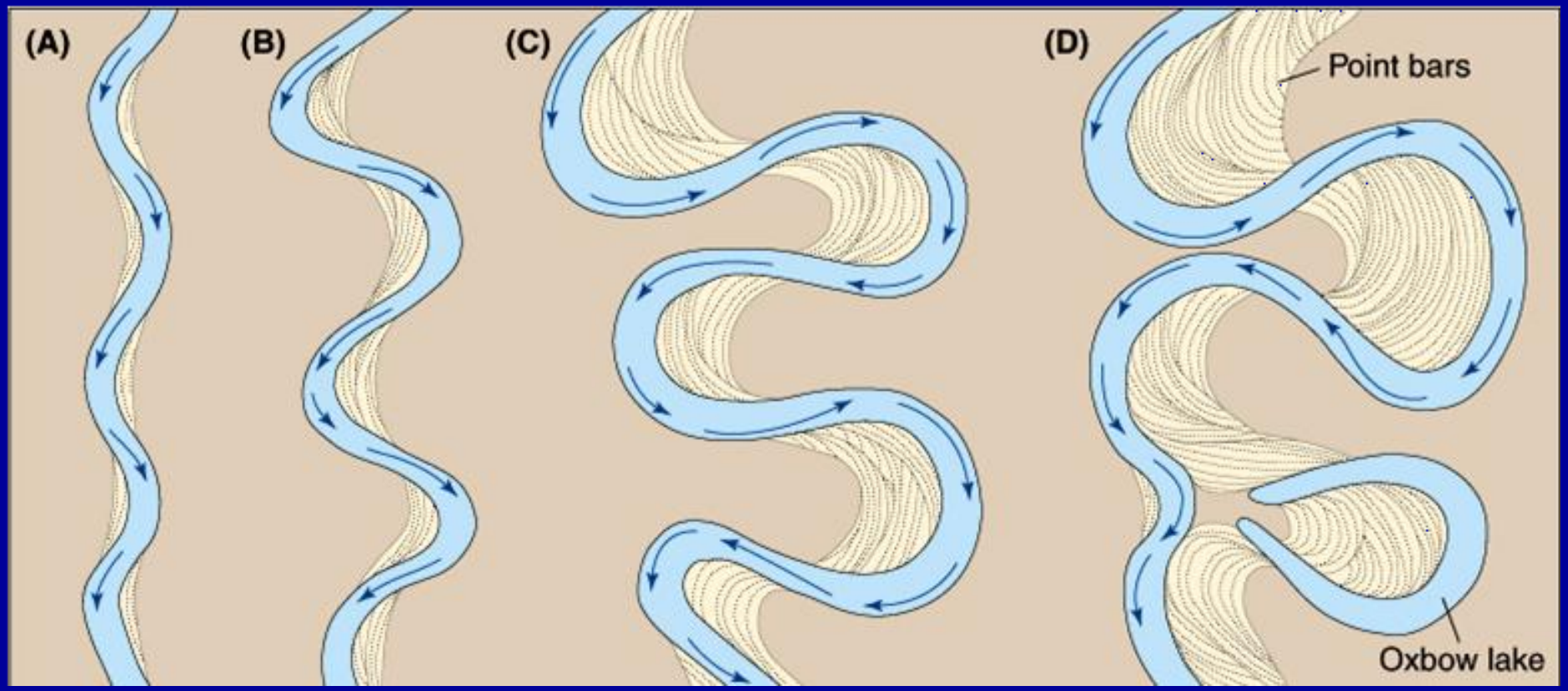
جریان آشفته و تغییرات سرعت باعث فرسایش ساحل از یک

سمت و نهشته گذاری از سمت دیگر می شود

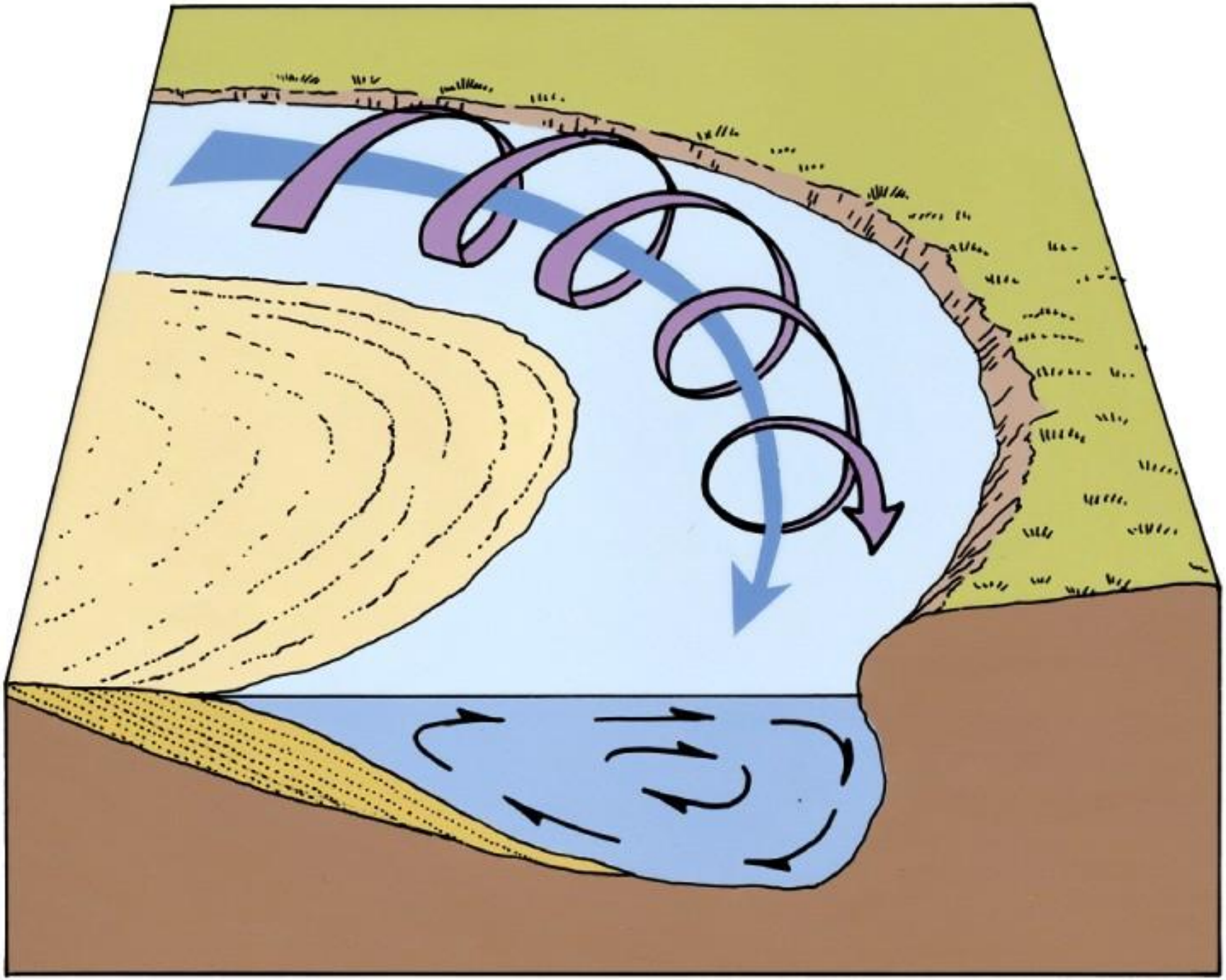
رودخانه های مآندری



مکانیزم رسوب گذاری در مآندر

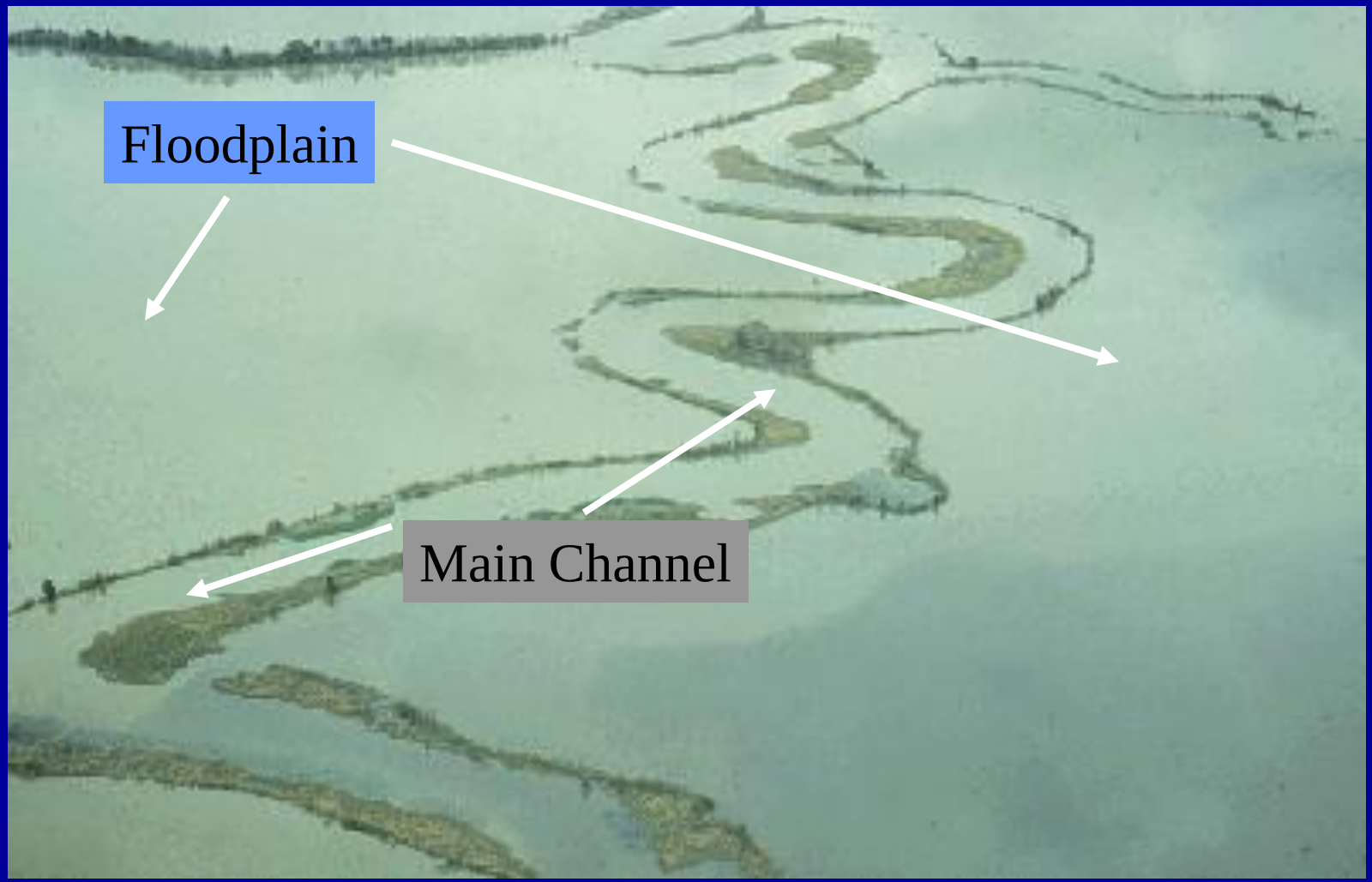


یک مآندر بالغ و تکامل یافته و شاخه های فرعی آن



River at Flood Stage

رودخانه در شرایط سیلاب



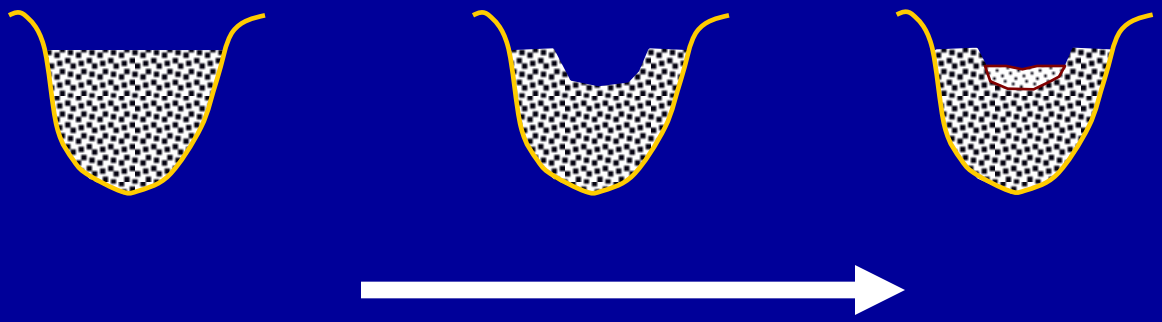
Braided Streams

Multiple channel system

Multiple channel system

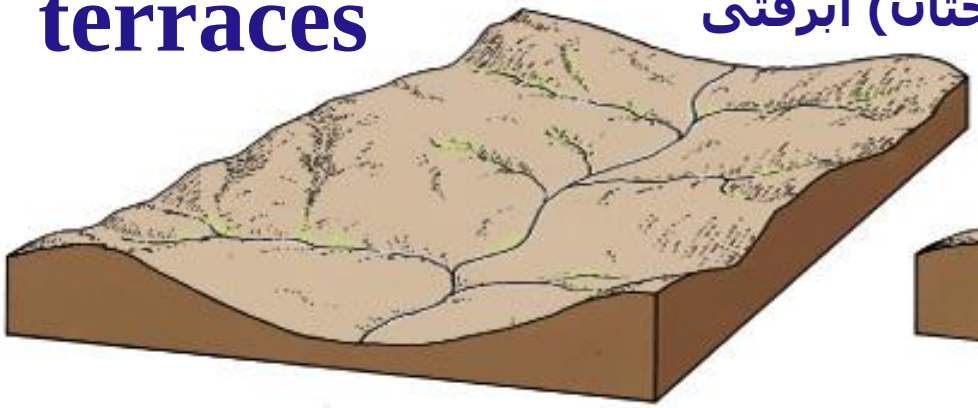
Alluvial Valleys

- قسمت پرشده رودخانه ها توسط رسوبات را دره های آبرفتی گویند .
- در شرایط هدرولوژیکی متغییر رسوبات نهشته می شوند .
- با تغییر رژیم هیدرولوژیکی مجدداً از میان نهشته ها فرسایش و کنده شدن رسوبات باعث پایین افتادن مسیر رودخانه می شود .



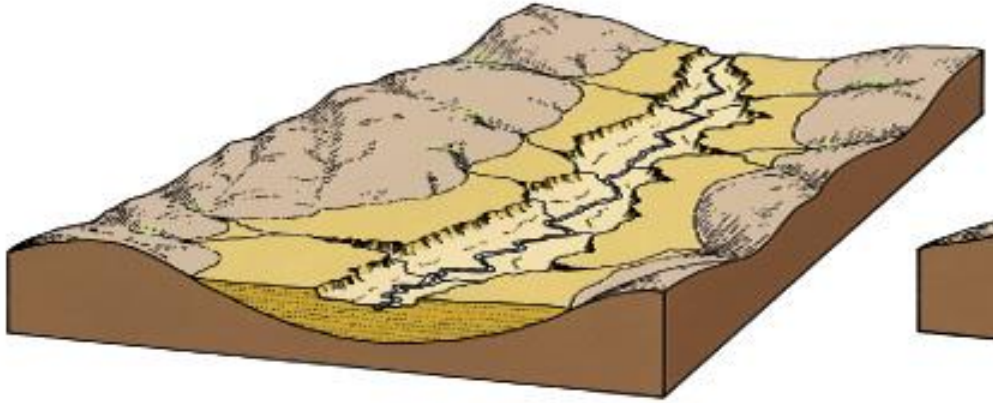
terraces

تراس های (تختان) آبرفتی

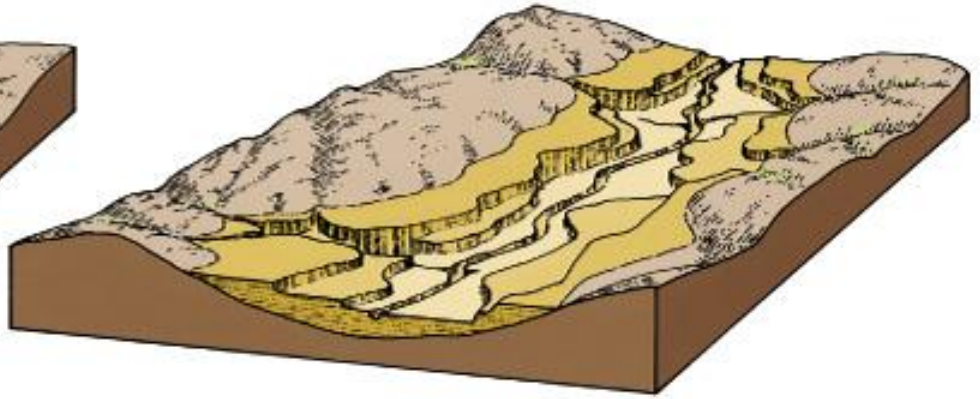


(A) A stream cuts a valley by normal downcutting and headward erosion processes.

(B) Changes in climate base level, or other factors that reduce flow energy cause the stream to partially fill its valley with sediments, forming a broad, flat floor.

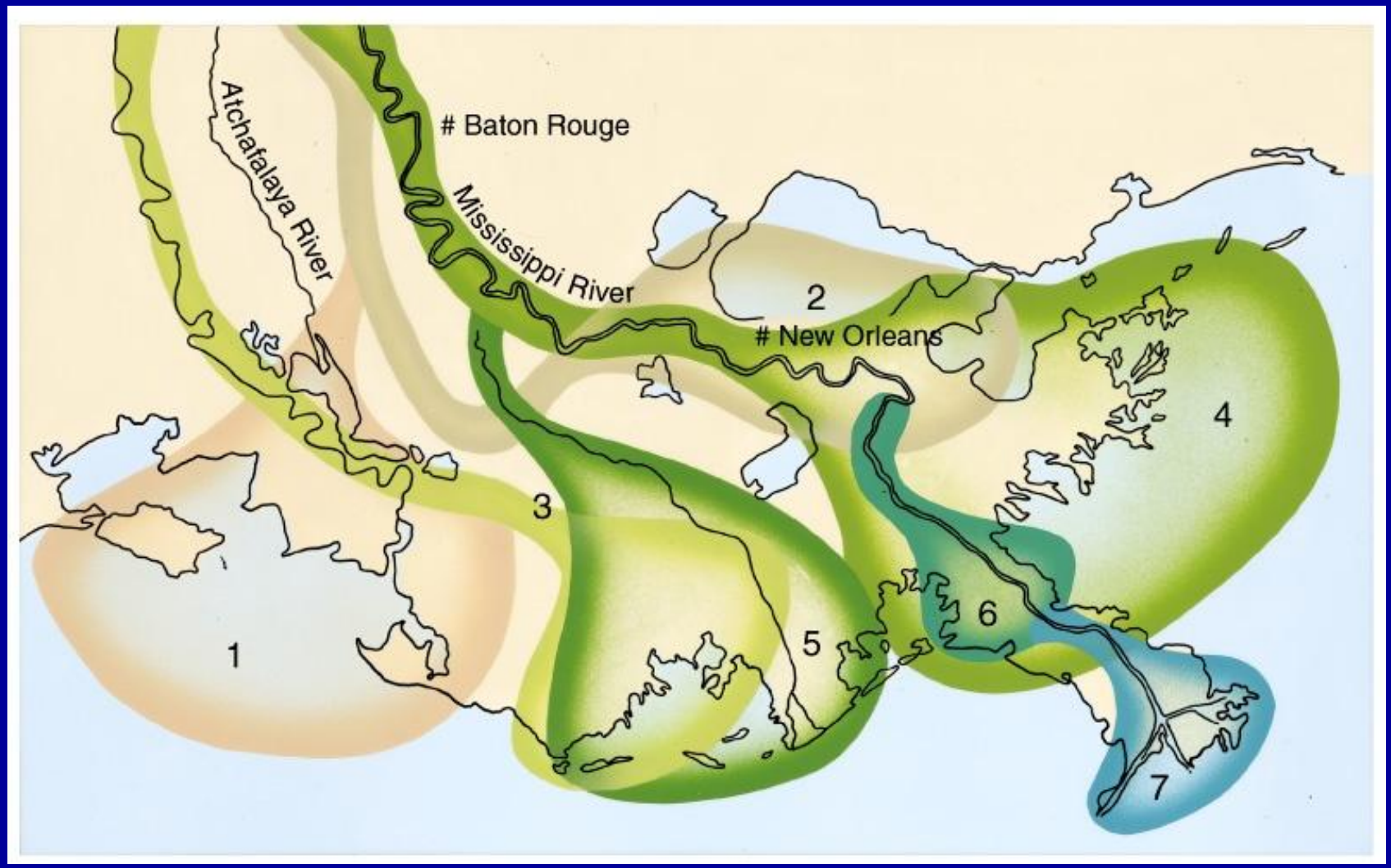


(C) An increase in flow energy causes the stream to erode through the previously deposited alluvium. A pair of terraces is left as a remnant of the former floodplain.



(D) The stream shifts laterally and forms lower terraces as subsequent changes cause it to erode through the older valley fill.

Deltas


Atchafalaya River
Baton Rouge
Mississippi River
2
New Orleans
4
3
1
5
6
7

Alluvial Fans

Accumulation of sediment in a dry basin

ویژگی ها :

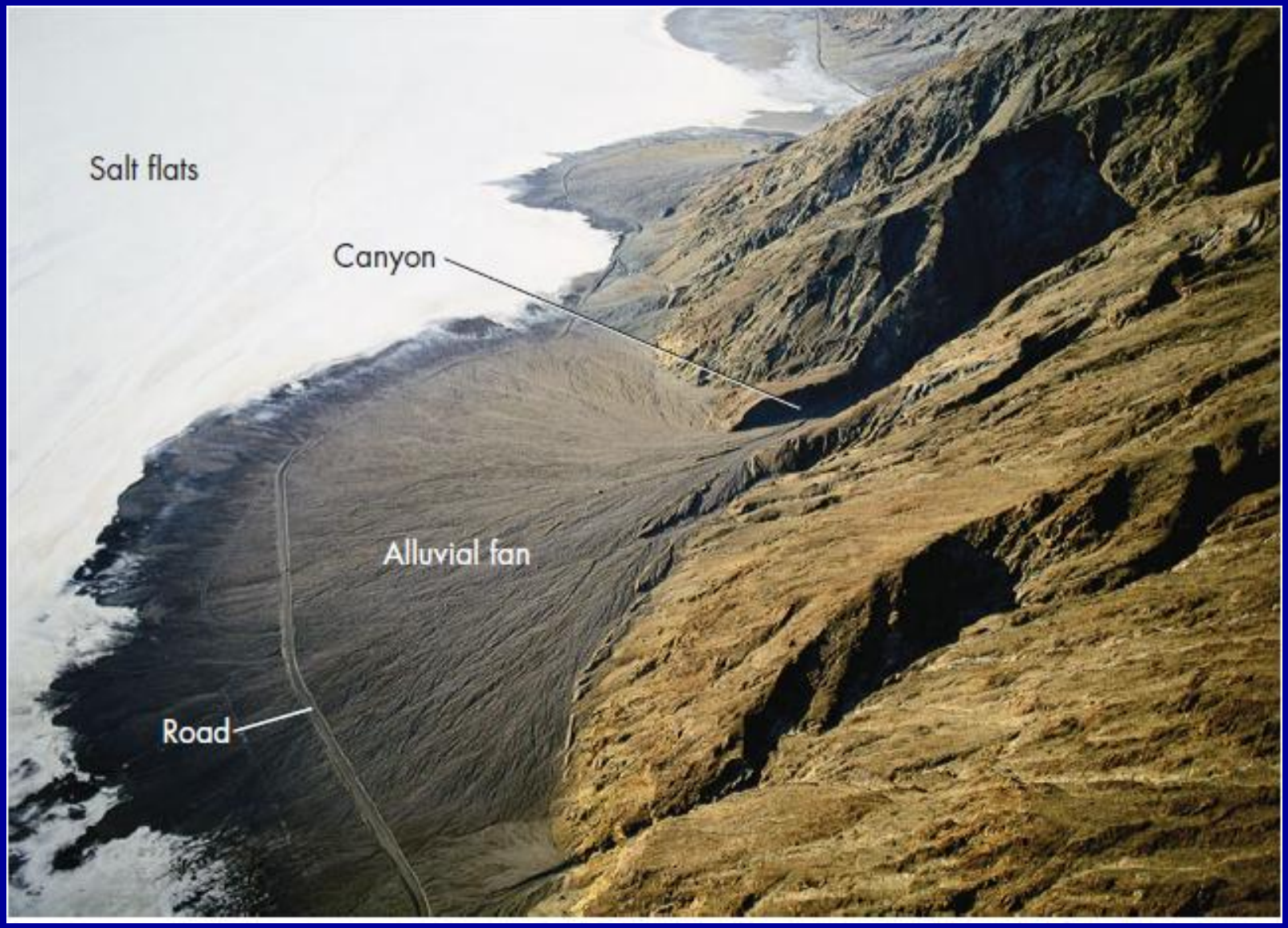
رسوب گذاری ناگهانی

معمولاً در آب و هوای خشک

بار رسوب زیاد

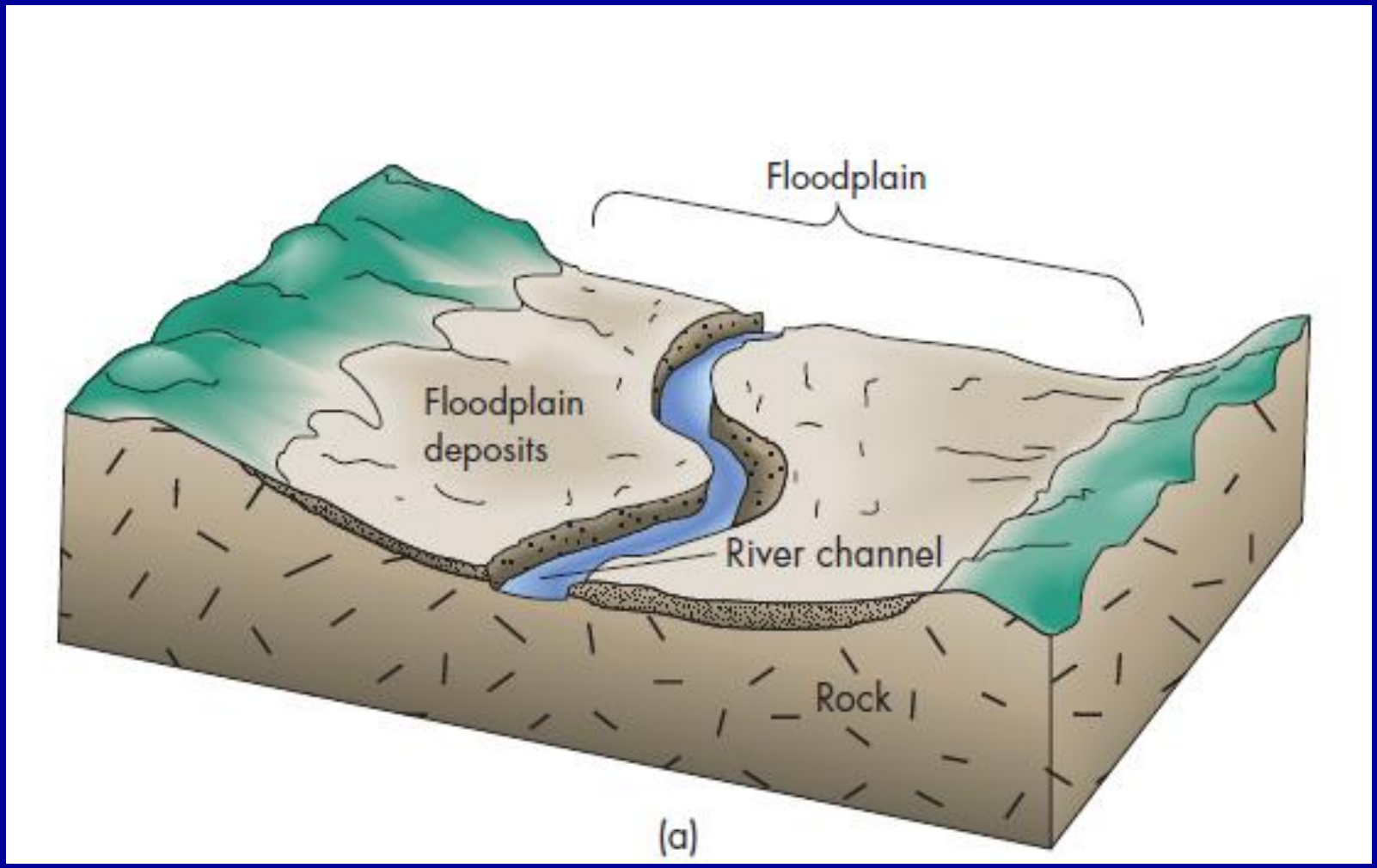
شبه بادبزن

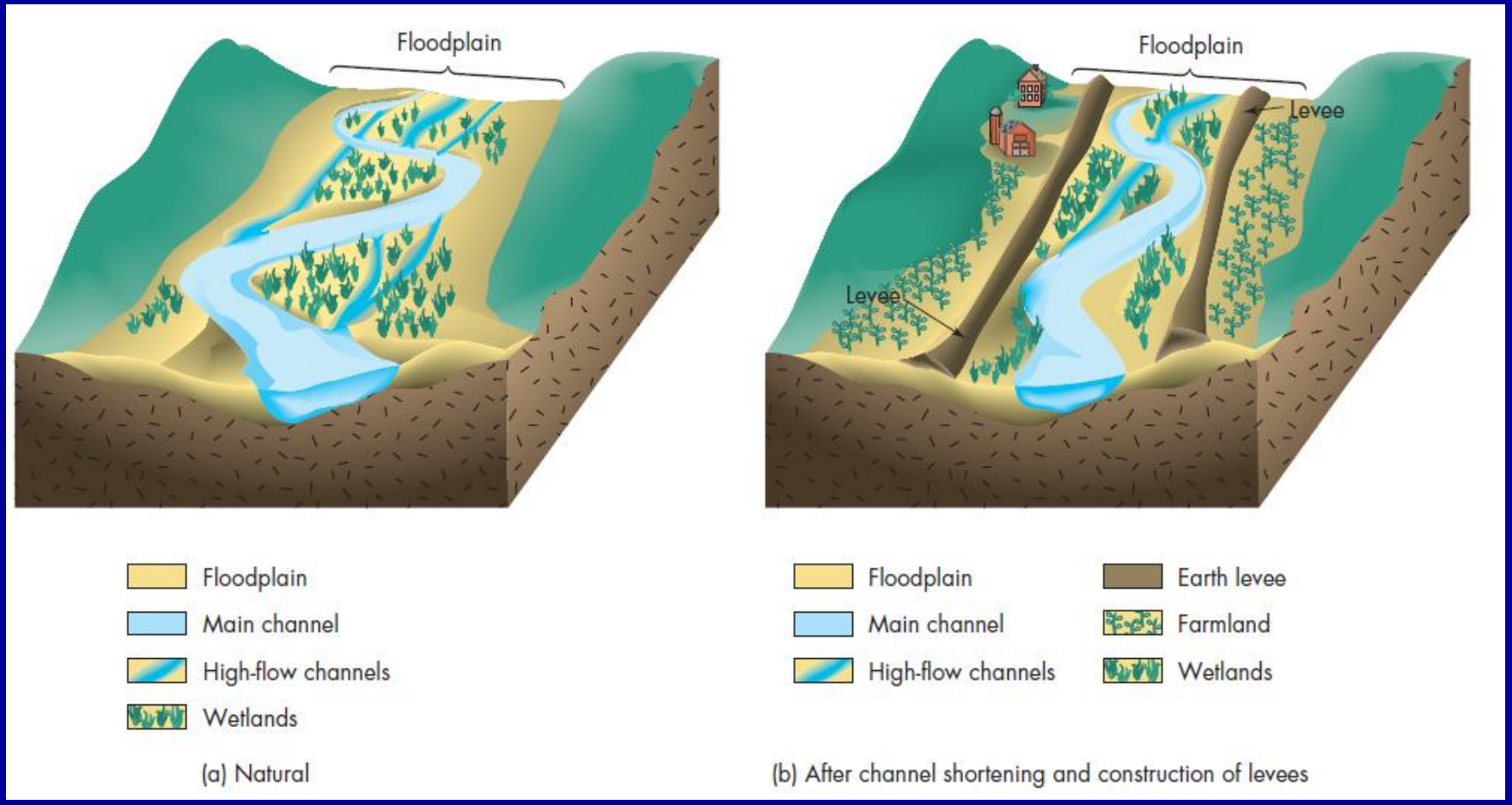
Alluvial fans in Death Valley

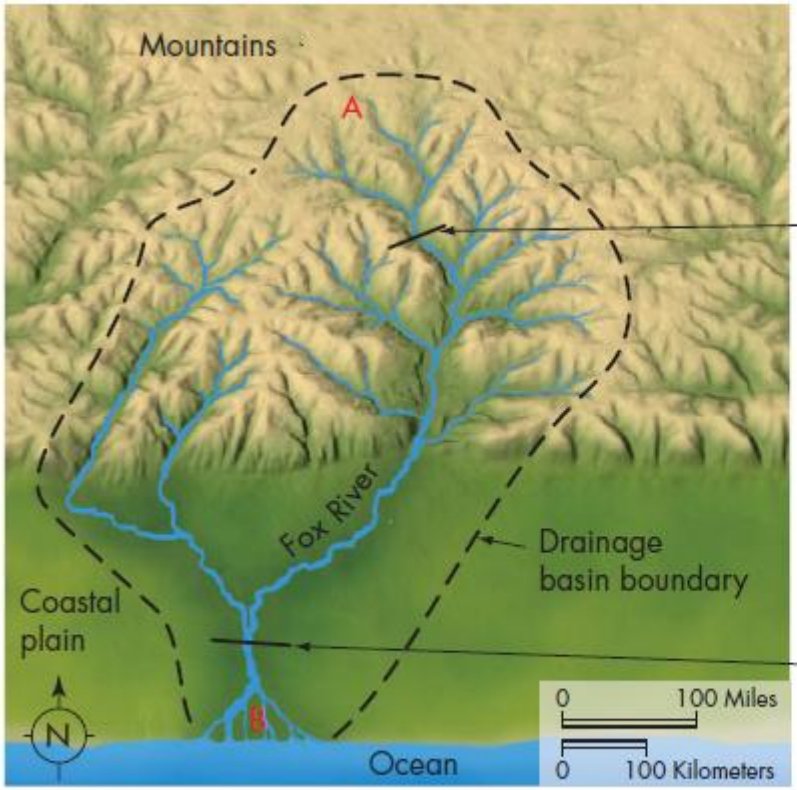


ALLUVIAL FAN IN DEATH VALLEY Along the western
foot of California's Black Mountains, this alluvial fan formed where a stream leaves a canyon and expands outward into Death Valley. The bent line in the lower left is a road that cuts across the lower part of the fan. Infrequent floods on this fan drain into the white salt flats of Death Valley, seen in the upper and lower left. *(Michael Collier)*

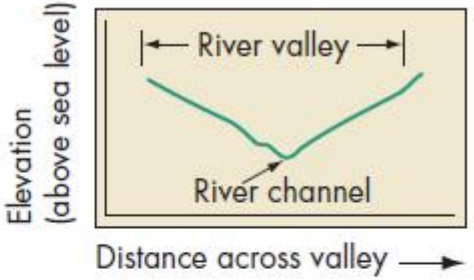
Cumberland River Floods On Monday, May 3, 2010, after heavy weekend rains and flooding, businesses in Nashville Tennessee stand in flood water from the Cumberland River.


Floodplain
Floodplain deposits
River channel
Rock
(a)

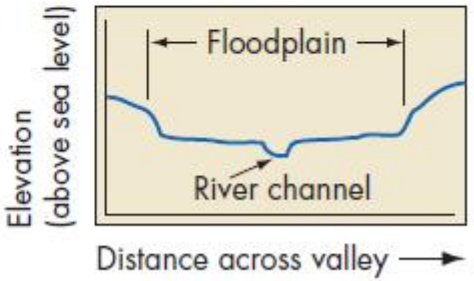

Floodplain
Floodplain
Levee
Levee
Floodplain
Main channel
High-flow channels
Wetlands
Floodplain
Main channel
High-flow channels
Earth levee
Farmland
Wetlands
(a) Natural
(b) After channel shortening and construction of levees



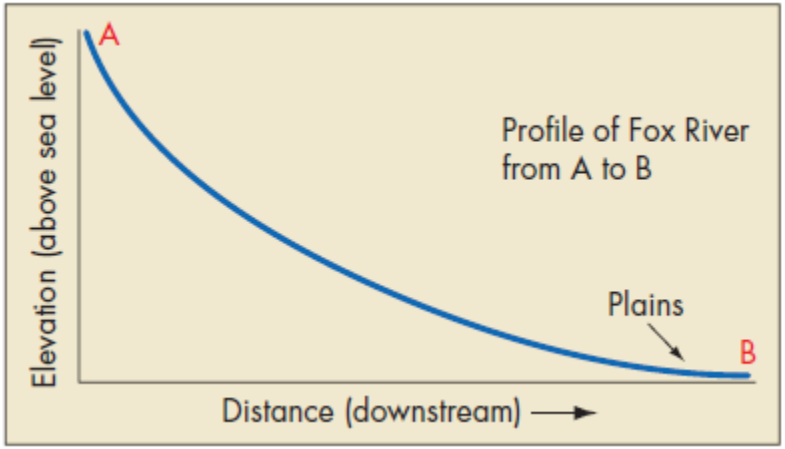
(a) Map (plan view)

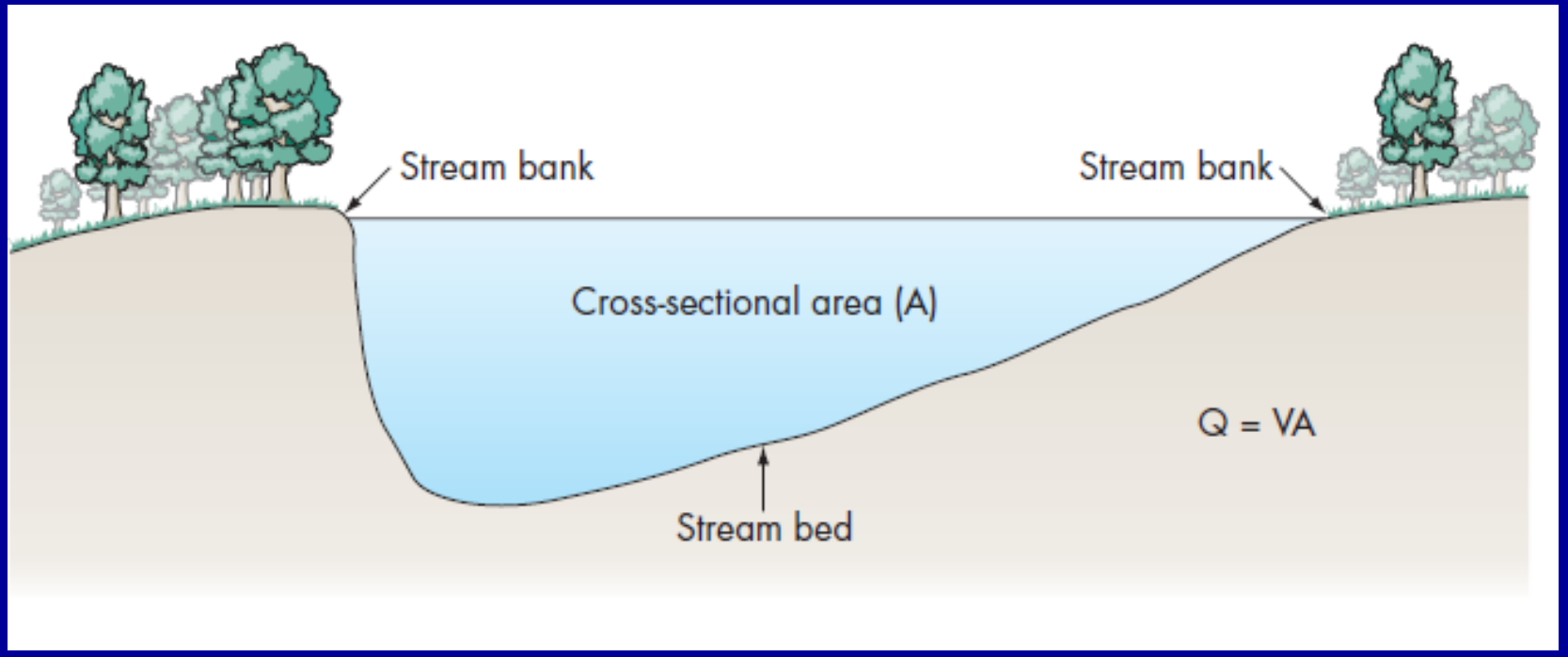


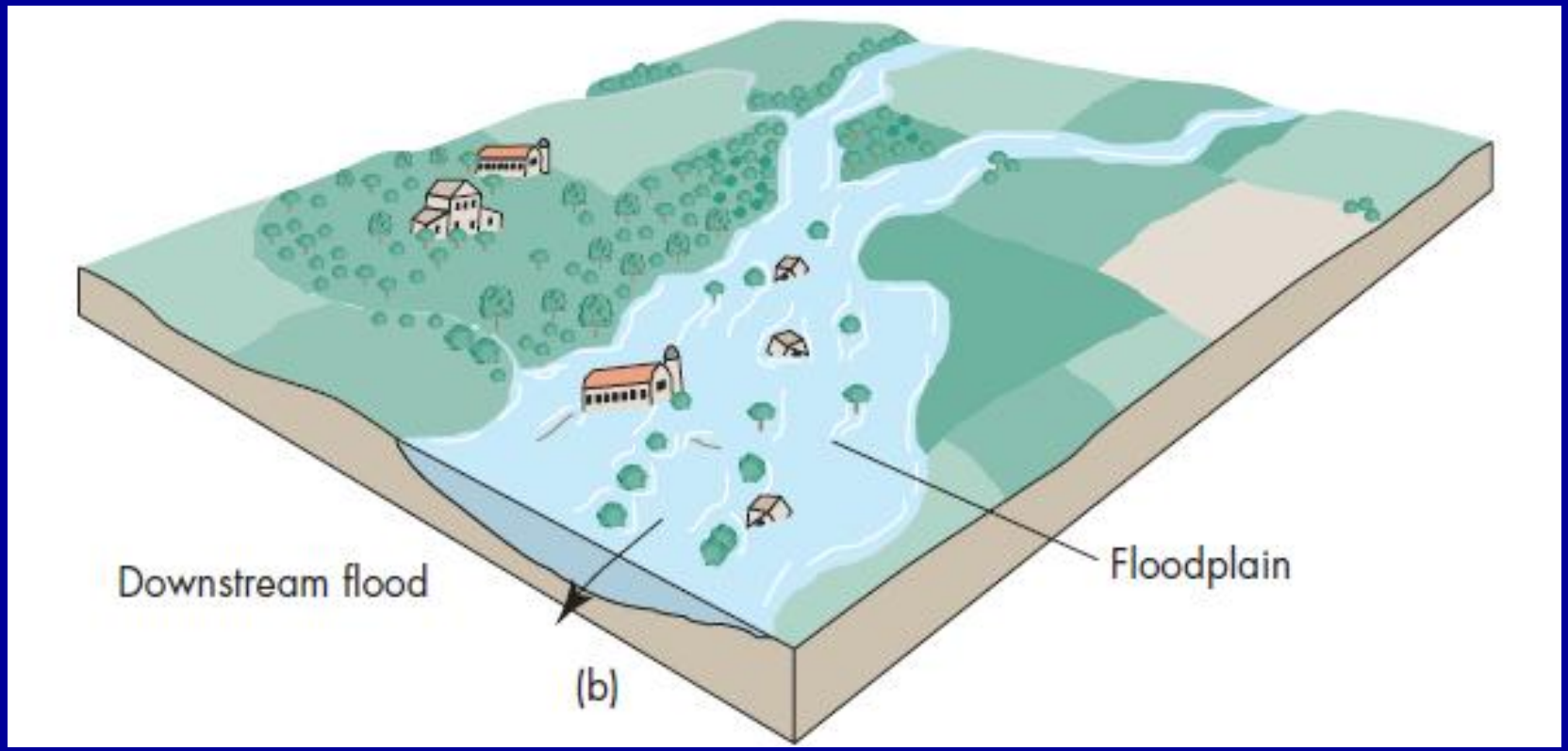
(c) Cross section across river valley near headwater



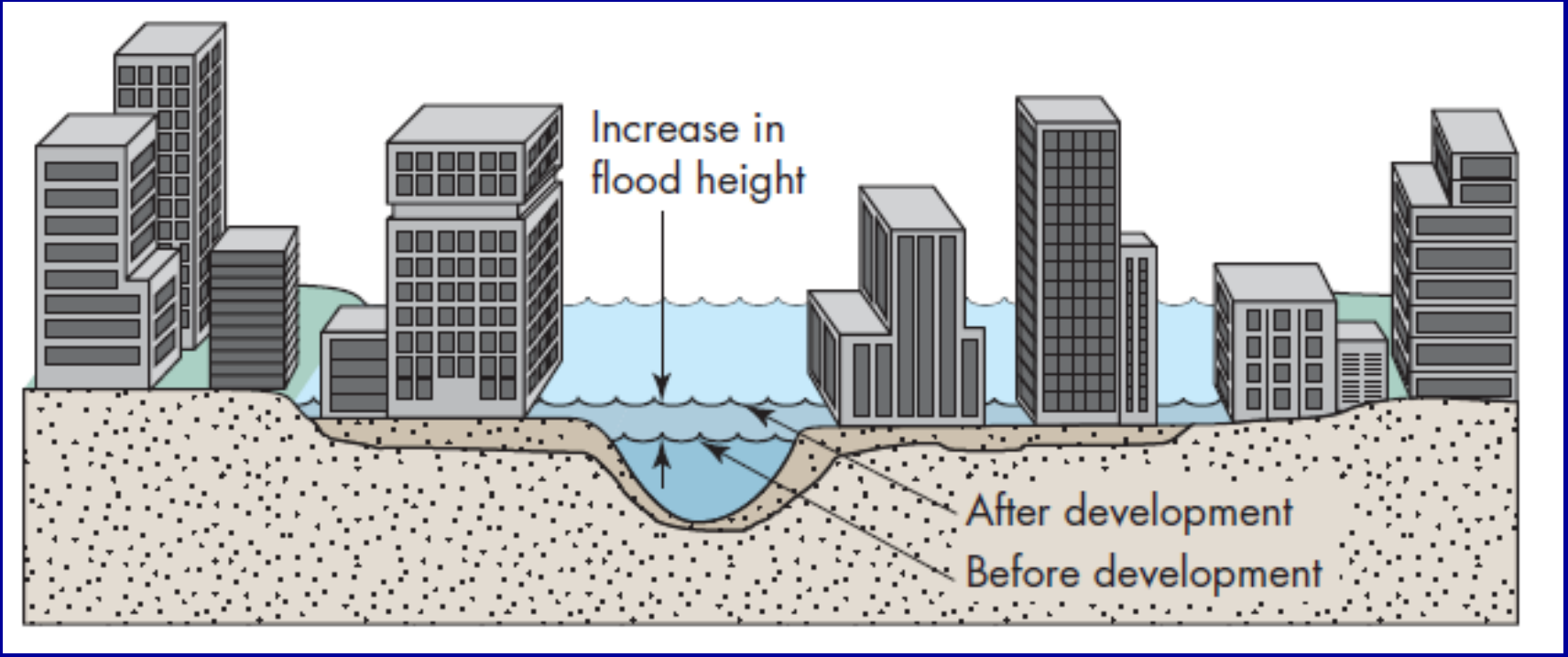
(d) Cross section across river valley near base level




Stream bank
Stream bank
Cross-sectional area (A)
Q = VA
Stream bed


Downstream flood
Floodplain
(b)

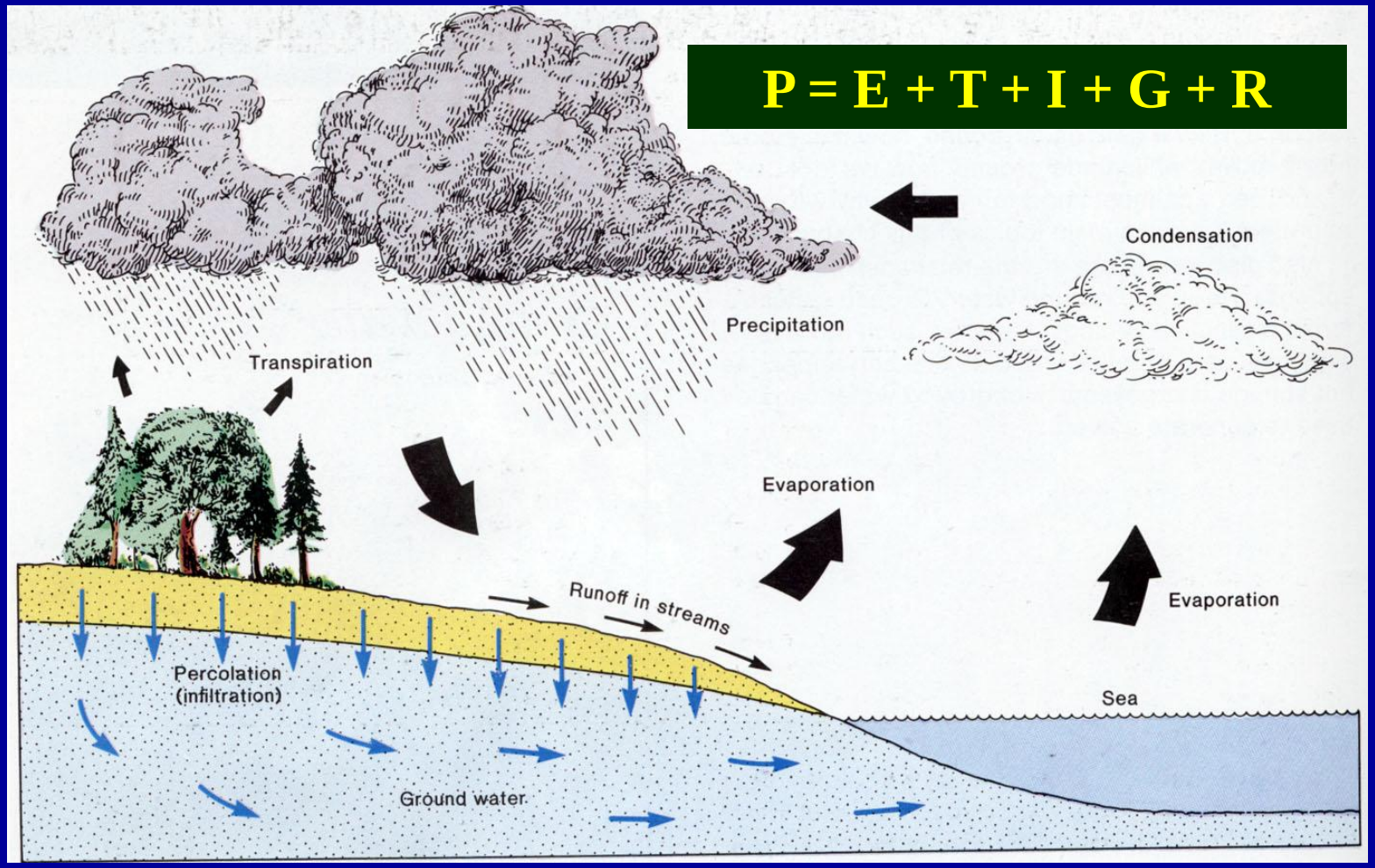
DOWNSTREAM FLOODING ON THE OHIO RIVER Downstream, Marietta, Ohio, experienced its worst flooding in 40 years from the Ohio River because of heavy rains from the remnants of Hurricane Ivan in 2004. The town had to use snowplows to clear off the mud deposited by the floodwaters. *(Washington County Sheriff's Office)*



BUILDING ON FLOODPLAINS INCREASES HAZARD Development that encroaches on the floodplain reduces the space available for floodwater and can increase the heights of subsequent floods. *(From Water Resources Council. 1971. Regulation of flood hazard areas, vol. 1)*

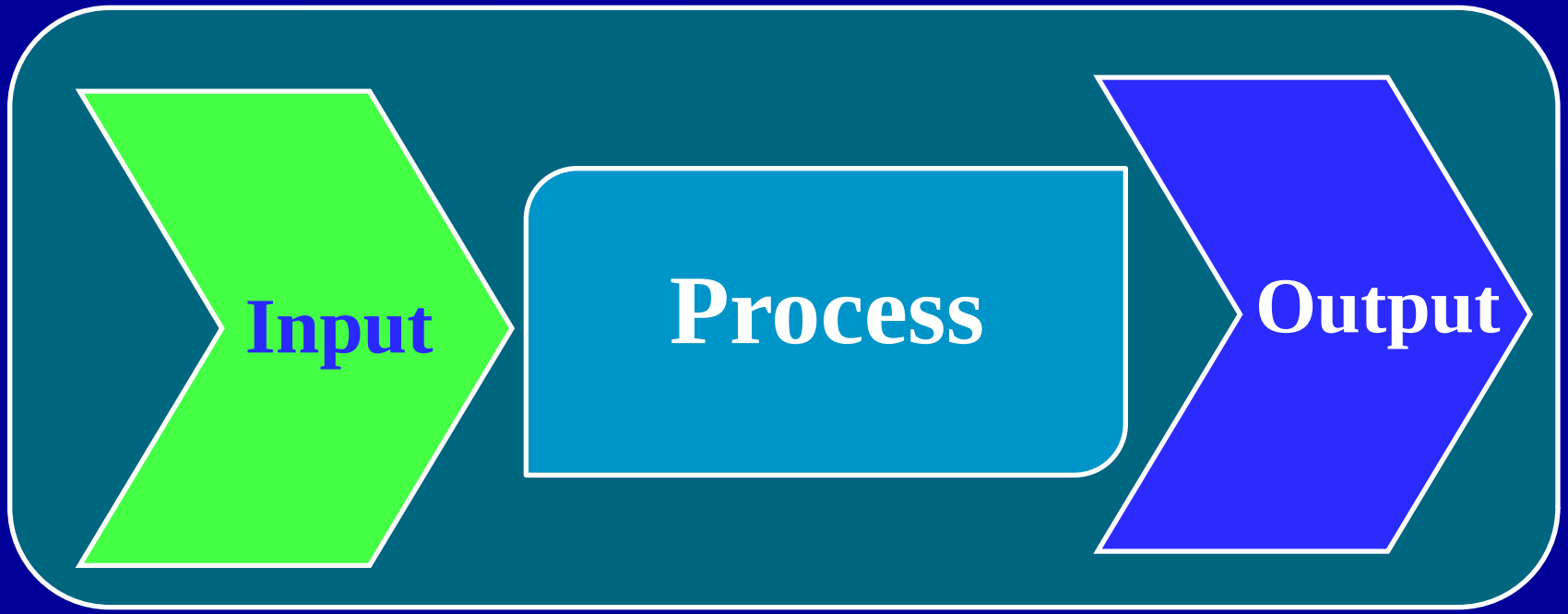
The Hydrologic Cycle

Major processes in the hydrologic cycle include Precipitation ,Evaporation, Transpiration, Infiltration, Groundwater flow, and Runoff.



System

مجموعه عناصر و اجزای مرتبط با همدیگر که یک هدف خاص را دنبال نمایند، سیستم نامیده می شود و شامل سه بخش اصلی است.



$$I = O$$

$$I\text{-}O \neq 0$$

$$I\text{-}O = \Delta S$$

$$I(t) - O(t) = \Delta S(t)$$

معادله دیفرانسیل بنام معادله اساسی هیدرولوژیک

$$\frac{dI}{dt} - \frac{dO}{dt} = \frac{dS}{dt}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dO}{dt} \longrightarrow \frac{dS}{dt} = 0$$

در یک حوضه بسته می توان نوشت:

$$P+Qi-Qo+Qg-Es-Ts-I=\Delta S$$

بیلان، ترازنامه، بالانس و یا موازنه آب

بیلان هیدرولوژیک سیستم آب زیرزمینی

$$I+Gi-Go-Eg-Tg=\Delta Sg$$

با ادغام دو معادله بیلان می توان بیلان سیستم هیدرولوژیک را به صورت زیر ارایه کرد.

$$P-(Qo-Qi)-(Es+Eg)-(Ts+Tg)-(Go-Gi)=\Delta(Ss+Sg)$$

$$P-Q-G-E-T=\Delta S$$

مسئله:

اگر میانگین سالانه بارندگی در یک حوضه آبریز به مساحت ۲۰۰ کیلومتر مربع برابر ۲۴۰۰ میلی متر باشد و دبی خروجی حوضه به طور متوسط ۴۵ متر مکعب در ثانیه باشد؛ تلفات آبی حوضه را بدست آورید. مقدار رواناب را نیز محاسبه نمایید.

مسئله:

اگر سطح دریاچه پشت یک سد در تراز سرریز برابر با ۲ کیلومتر مربع باشد. تشت تبخیر میزان تبخیر ماهانه را ۷۰ میلی متر نشان می دهد، اگر دریچه های تخلیه ۴ متر مکعب در ثانیه آب را خارج کنند و سطح تراز آب تغییری نکند. میزان نفوذ ماهانه را بدست آورید. گنجایش مخزن ۴۰ میلیون متر مکعب است.

تقسیم بندی زمین بر اساس قابلیت ذخیره آب و قدرت انتقال

Aquifer

Aquitard

Aquiclude

Aquifuge

Storage coefficient

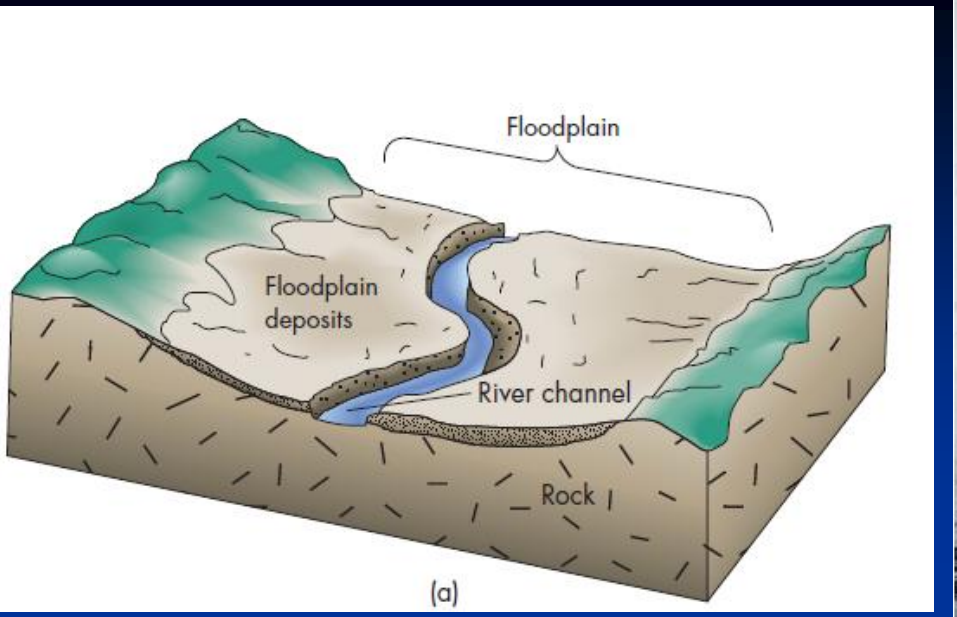
Transmissivity

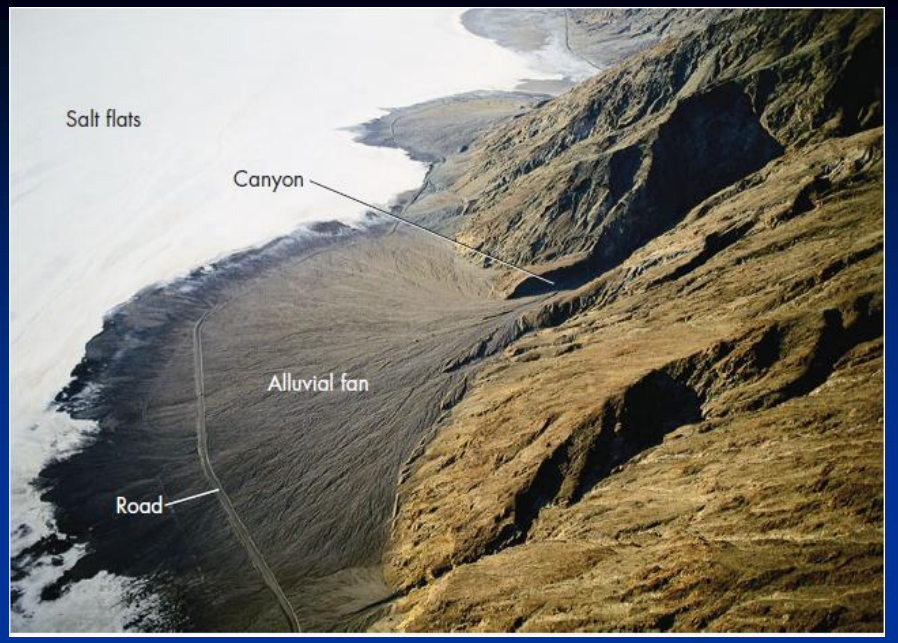
آبخوان ، آبخانه ، لایه آبدار Aquifer

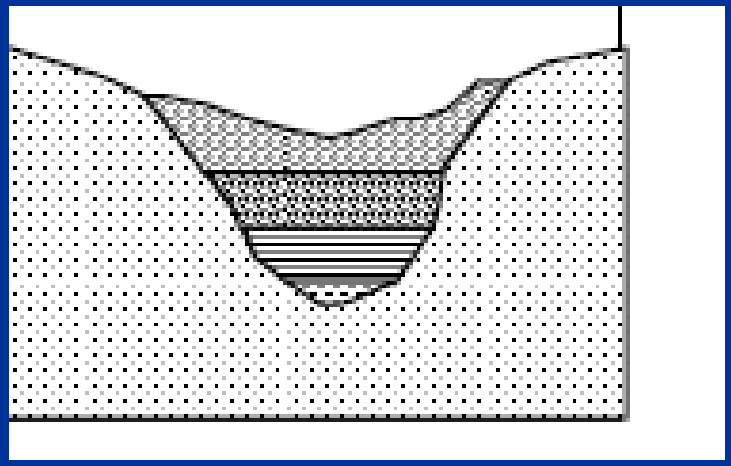
A layer or zone in the subsurface capable of producing water to a well

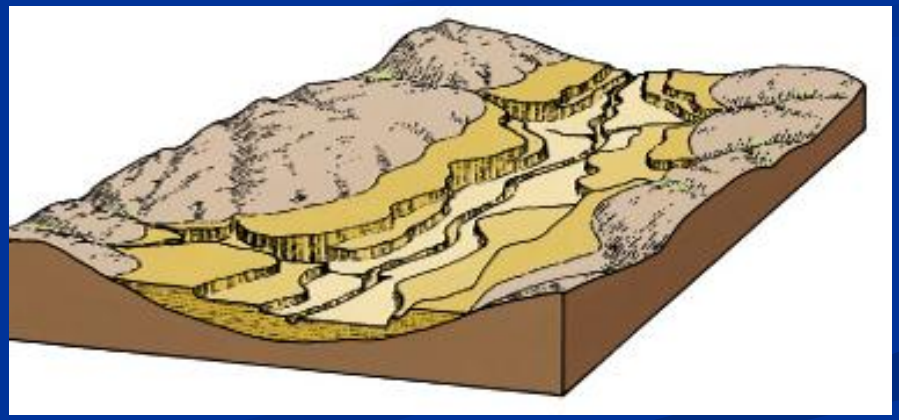
آبخوان های مهم :

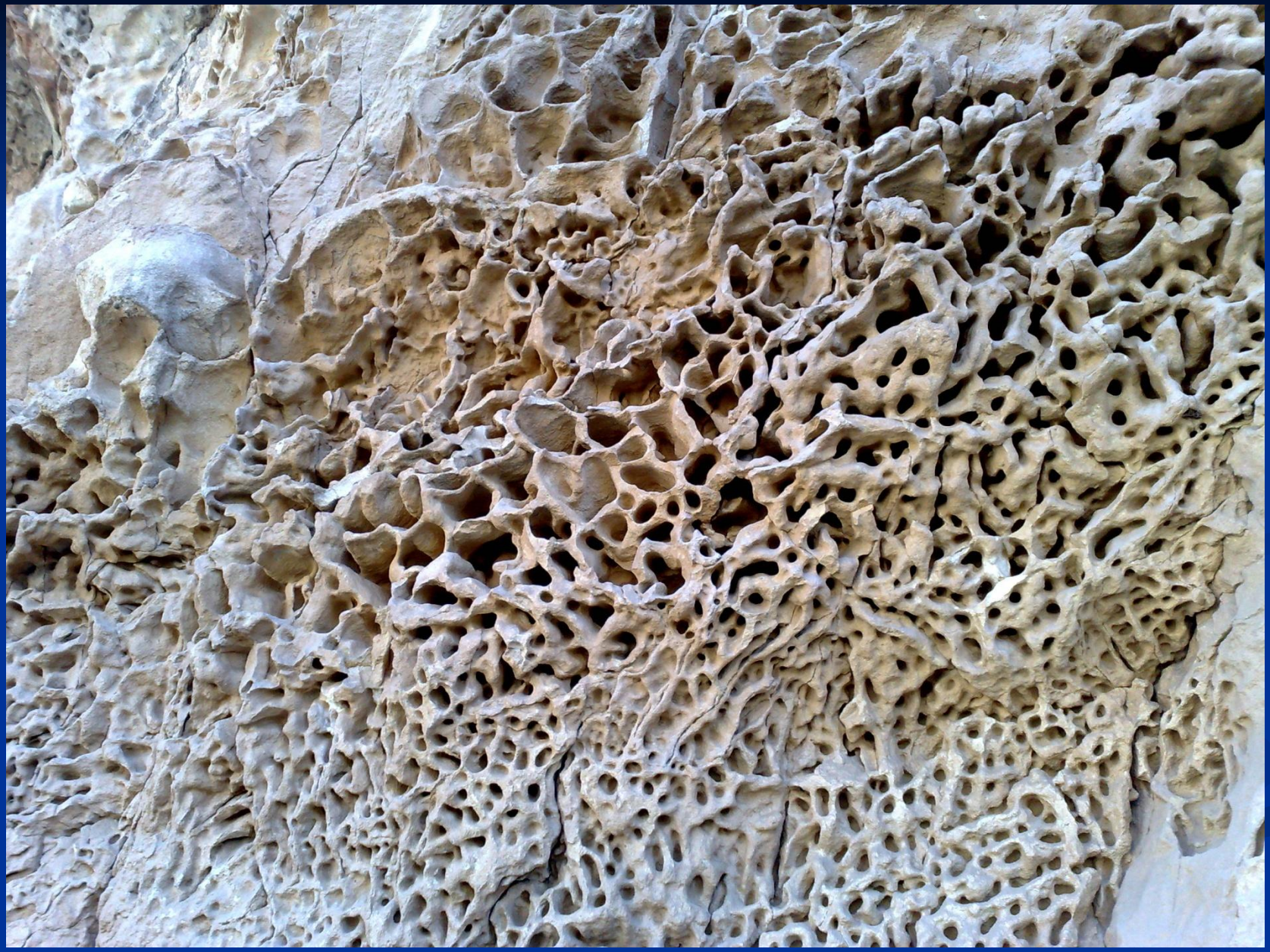
دره های رسوبی ، دشت های ساحلی ، تپه های شنی ، رسوبات یخچالی ، زمین های آبرفتی دانه ای ، سنگهای متخلخل ، دره های مدفون، دشت سیلابی


Floodplain
Floodplain deposits
River channel
Rock
(a)


Salt flats
Canyon
Alluvial fan
Road







Groundwater occurs within the openings of consolidated rock or unconsolidated sediment.

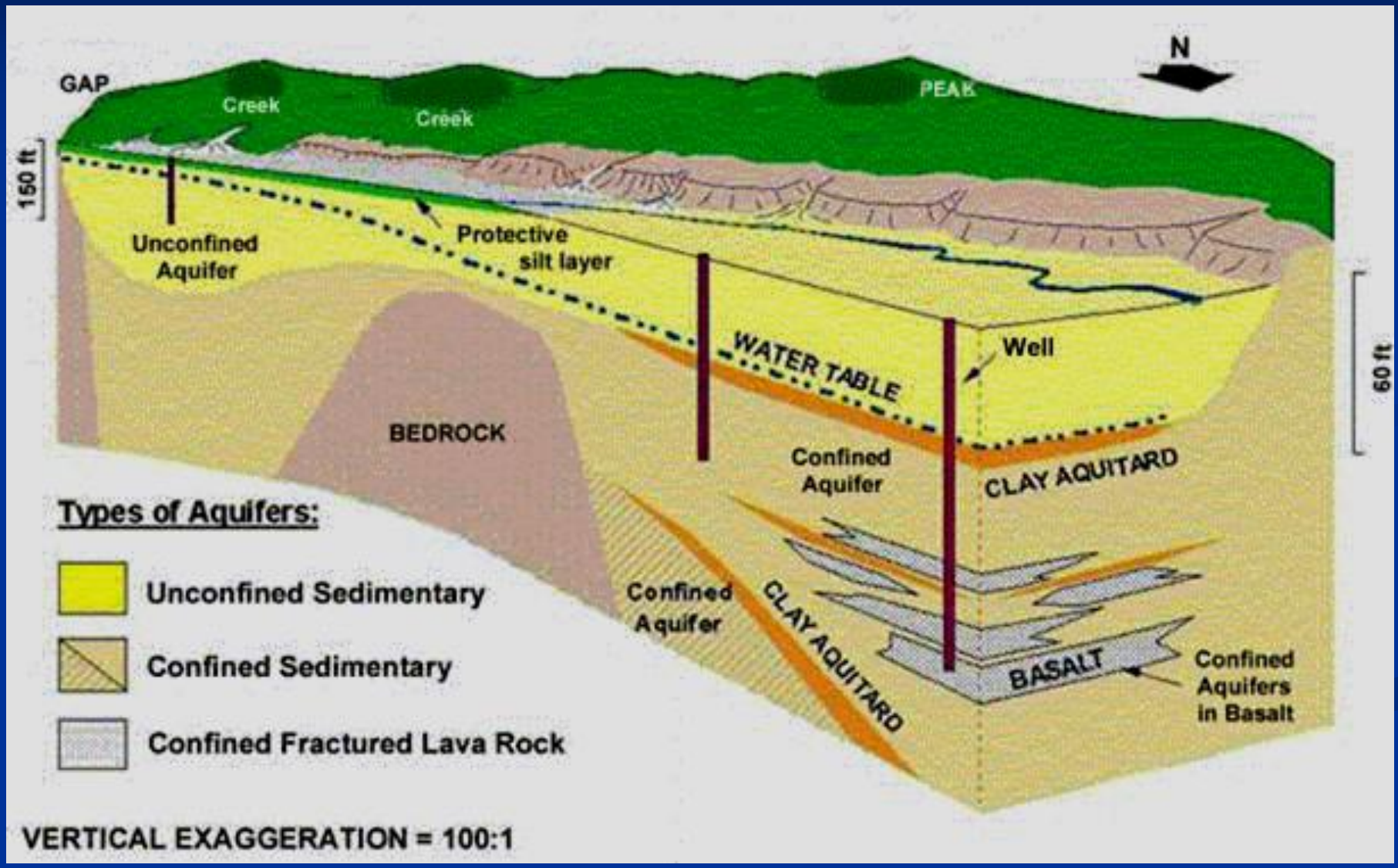
Openings in rocks can be classified as primary or secondary

Primary openings are voids present when a rock forms.

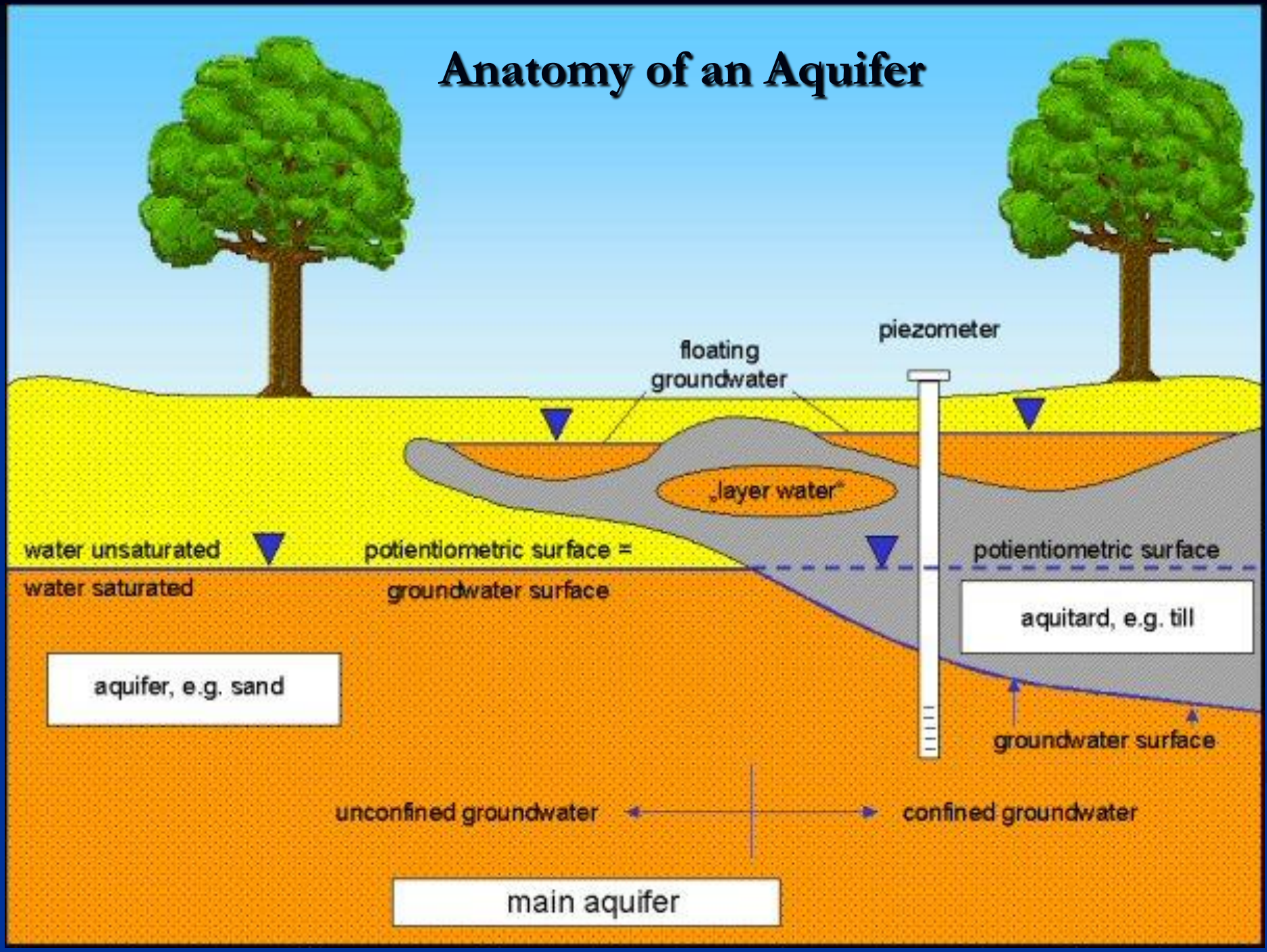
Secondary openings form afterward. Fractures and dissolution structures are common secondary openings.

Most groundwater flows exceedingly slow, often less than 10 m/yr.

Anatomy of an Aquifer



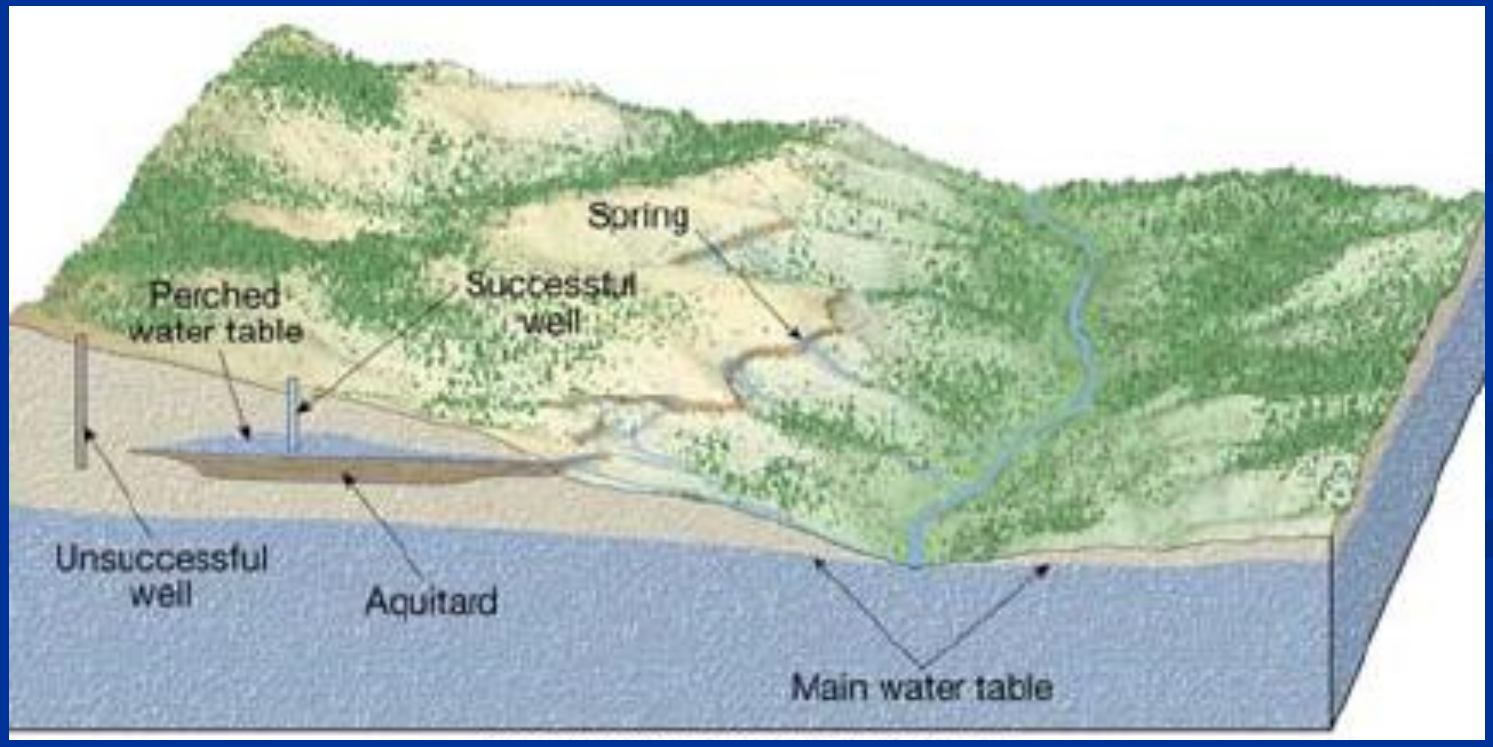
Anatomy of an Aquifer



Aquitard

آکی تارد :

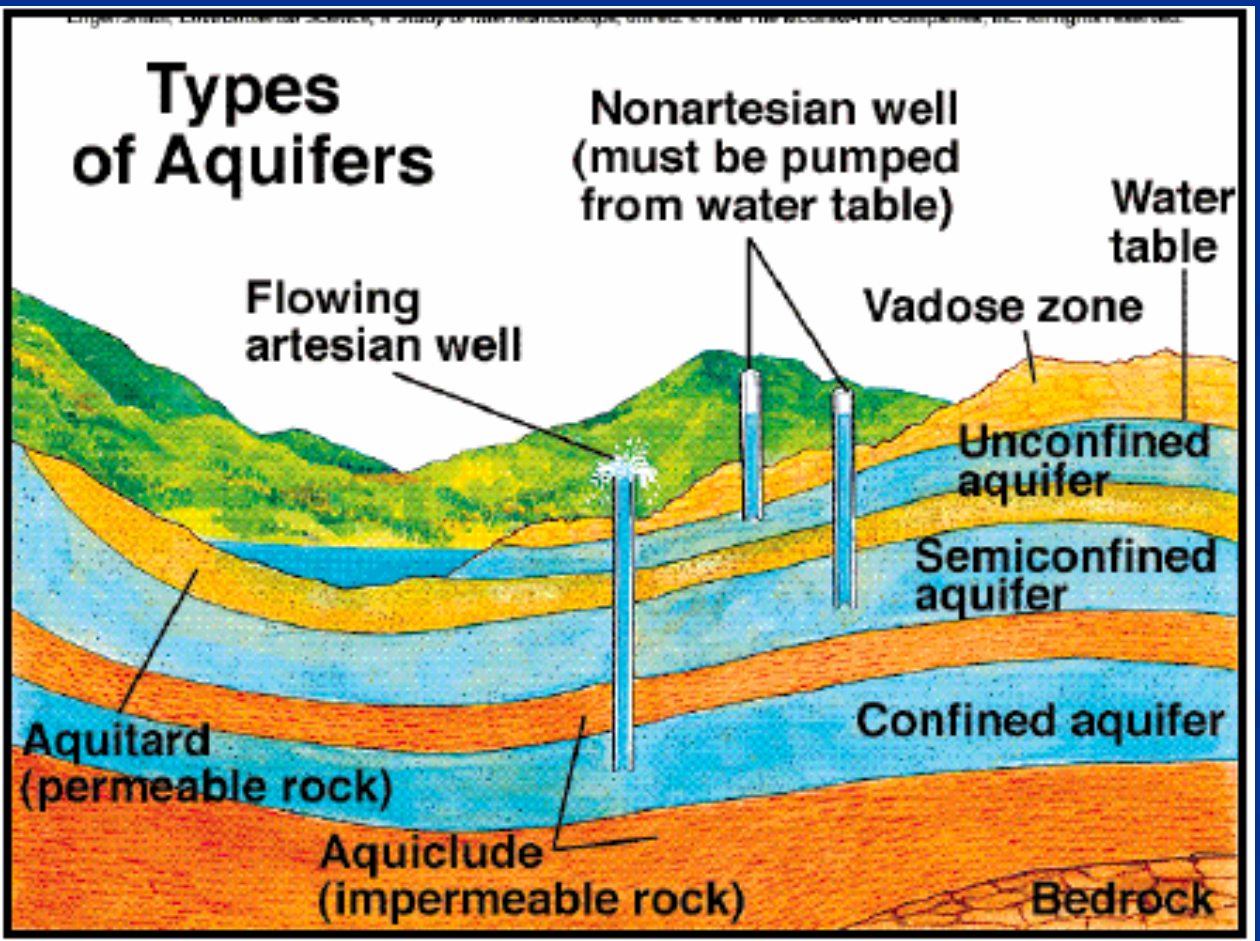
لایه های دارای آب با نفوذپذیری بسیار کم هستند . انتقال آب از لایه آکی تارد از یک آبخوان به آبخوان دیگر امکان پذیر است.



لایه نا تراوا یا ریز سازند Aquiclude

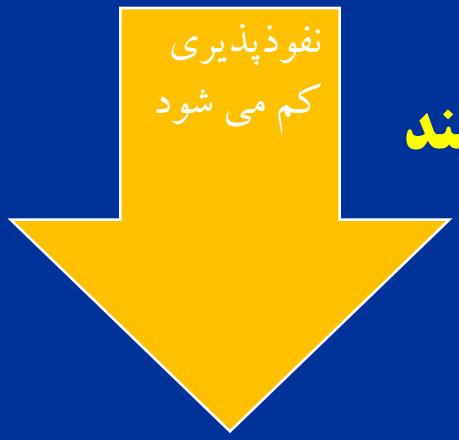
سازندی است که گرچه توانایی جذب آب را به آهستگی دارد و حتی ممکن است حـاوی مقـدار زیادی آب باشد ولی، در شرایط معمولی صحرایی قادر به انتقال قابل توجه نیست واساساً نفـوذ ناپـذیر است مانند یک لایه رسی.

آکی کلود معمولاً بصورت لایه هایی در بالا و پائین آکیفر قرار دارد



بسته سازند Aquifuge

به لایه ای گفته می شود که کاملاً غیر قابل نفوذ بـوده و منافـذ بهـم متصل نیستند و قابلیت انتقال آب را ندارد . ارتباط بین دو آبخوان را قطع می کند . مثل گرانیت



آکی فر : آبخوان ، آبخانه ، لایه آبدار

آکی تارد : لایه کم تراوا یا نیمه تراوا یا سازند نشتی یا دیر آیند

آکی کلود : لایه نا تراوا یا ریز سازند

آکی فوژ : بسته سازند

انواع آبخوان

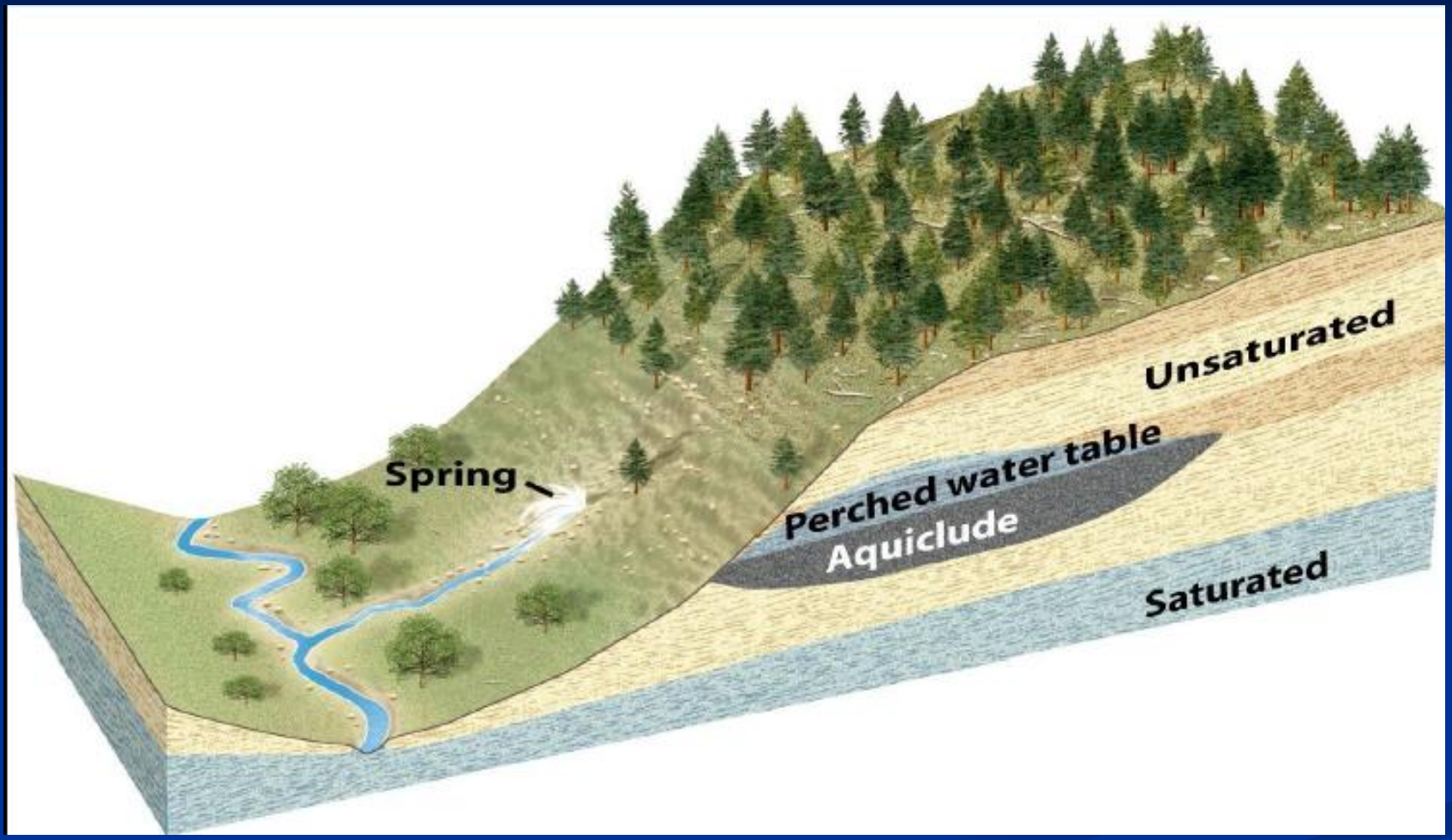
1. Unconfined Aquifer
2. Confined Aquifer
3. Leaky aquifer or Perched aquifer
4. Idealized aquifer

Unconfined Aquifer **آبخوان نامحدود** یا آزاد

یک آبخوان بشدت تراوا که قادر به عبور آب به سطح زمین است . قسمت فوقانی آن سطح آزاد (سطح فراتیک) آب است که دارای فشار آتمسفری است .

Confined Aquifer **آبخوان محدود** یا تحت فشار

یک آبخوانی است که توسط یک لایه نیمه تراوا (Aquitard) محدود می شود.


Spring
Perched water table
Aquiclude
Unsaturated
Saturated

انواع آبهای زیر زمینی :

۱- غیر فسیلی

۲- فسیلی

۳- نیمه فسیلی

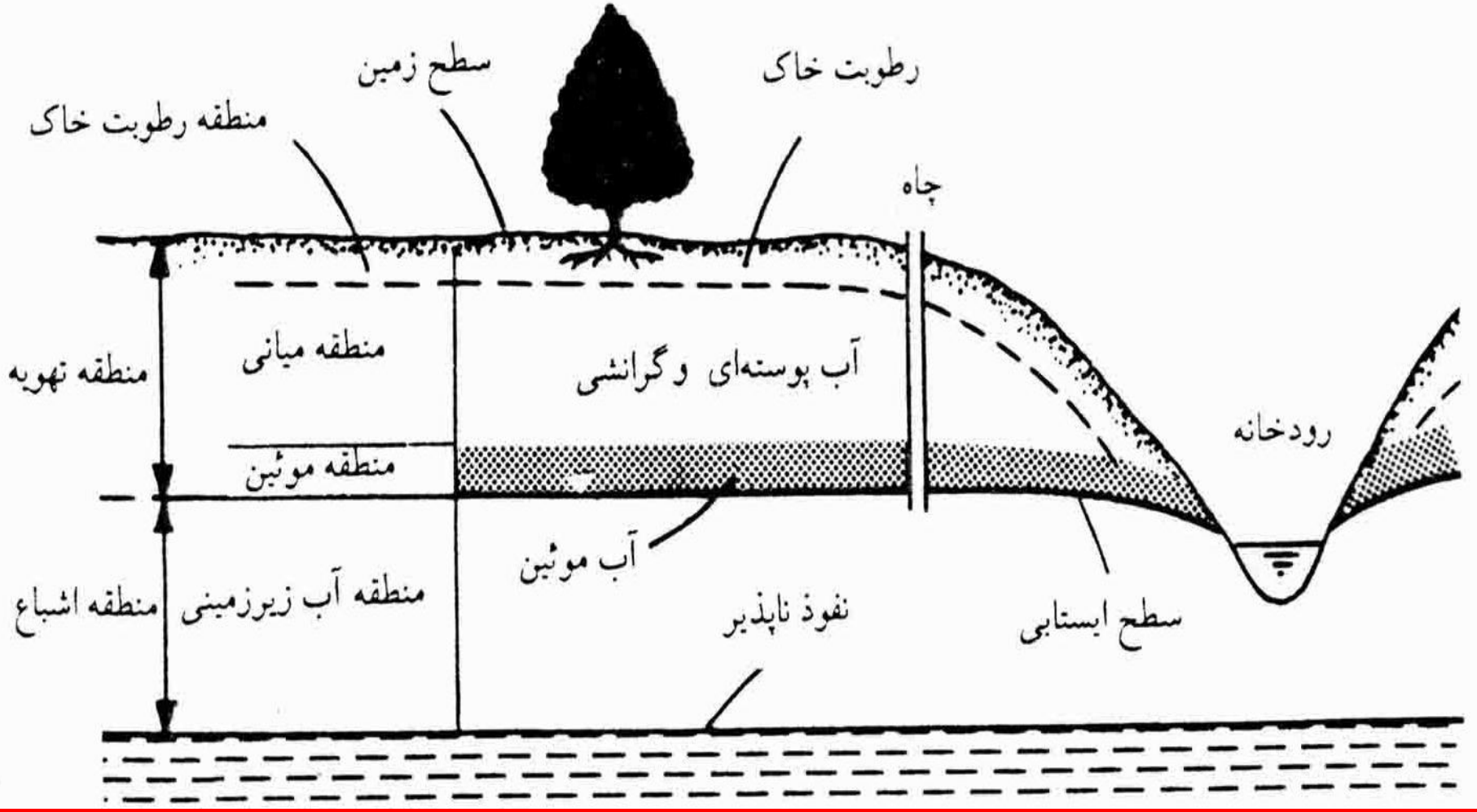
انواع آبهای زیر زمینی فسیلی :

۱- ذاتی یا محبوس connate : در فرآیند دیاژنز

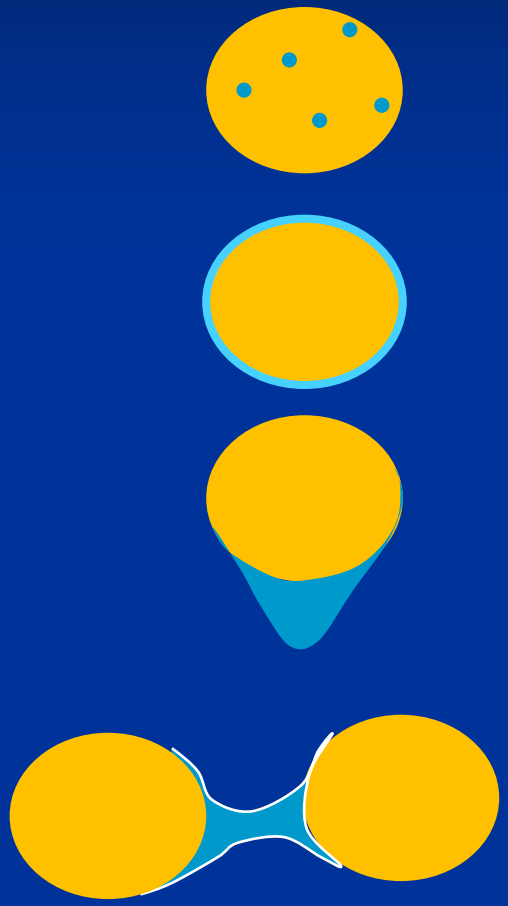
۲- ژوونیل یا جوان juvenile :آب تازه ماگما یا آب با منشاء کیهانی

۳- به دورمانده : درچرخه آب شرکت نمی کند

مناطق آبی


سطح زمین
رطوبت خاک
منطقه رطوبت خاک
چاه
منطقه میانی
آب پوسته‌ای و گرانشی
منطقه تهویه
رودخانه
منطقه موئین
آب موئین
منطقه آب زیرزمینی
منطقه اشباع
نفوذ ناپذیر
سطح ایستابی

The unsaturated zone=the vadose zone = zone of aeration



زون تهویه یا هوابین :

آب هیگروسکپی : قطرات کوچک روی دانه رسوب

آب غشایی یا پوسته ای : قشرنازک

آب ثقلی : متاثر از نیروی ثقل

آب موئینگی : متاثر از نیروی کشش موئینه

سطح آب موئینگی تابع سطح آب زیر زمینی است

منطقه میانی: این منطقه از قسمت زیرین منطقه رطوبت خاک تا حد بالای منطقه مویین ادامه دارد.فشار آب در منطقه تهویه به علت کشش سطحی آب ، منفی است که برای اندازه گیری آن از کشش سنج استفاده می شود.

منطقه مویین

$$H_c = \frac{۲\tau}{r\gamma} Cos\lambda$$

Hc: ارتفاع بالا رفتن آب مویین

t : کشش سطحی آب

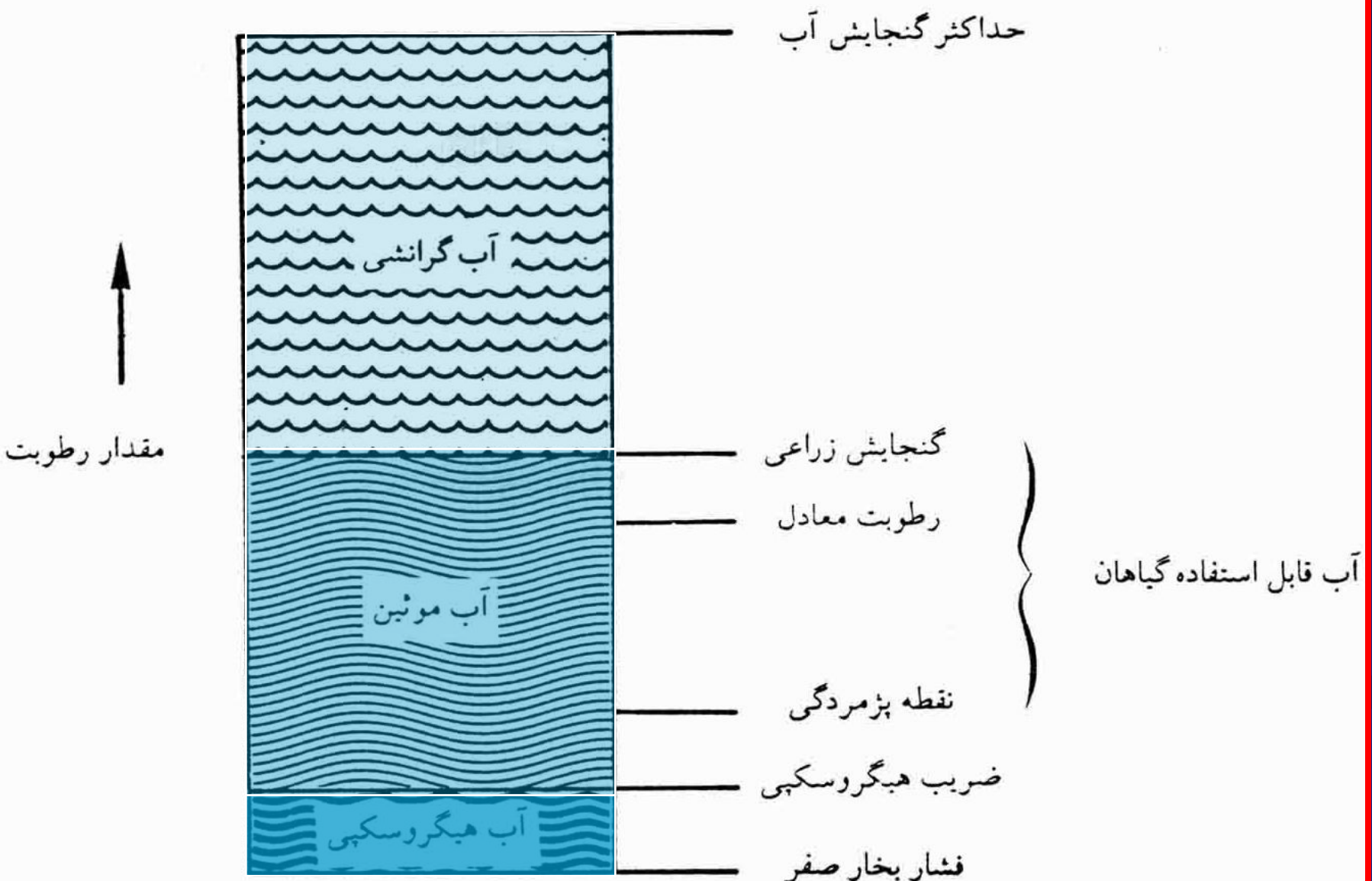
λ : زاویه تماس

r : شعاع لوله

$$H = \frac{0.15}{r}$$

$$r = d_{10}{}^{2} \qquad \mathbf{r \quad mm}$$

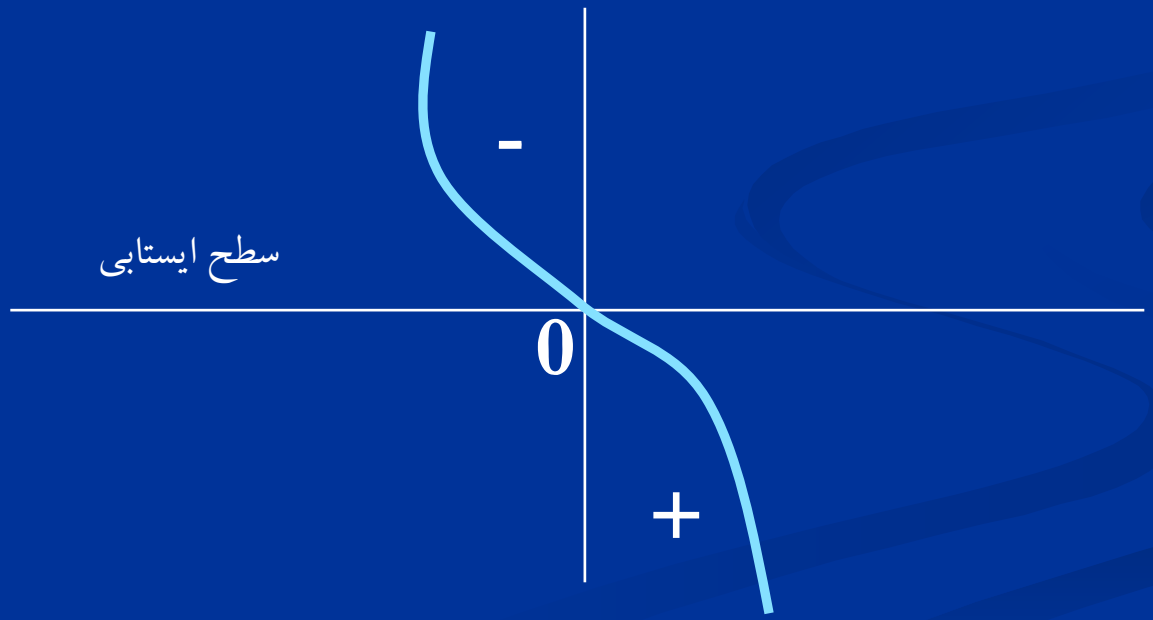
زون تهویه یا هوابین



سطح ایستابی

سطحی است فرضی که تمام نقاط آن دارای فشار برابر فشار اتمسفر است و بطور قرار دادی آن را معادل صفر در نظر می گیرند.

Unconfined Aquifer

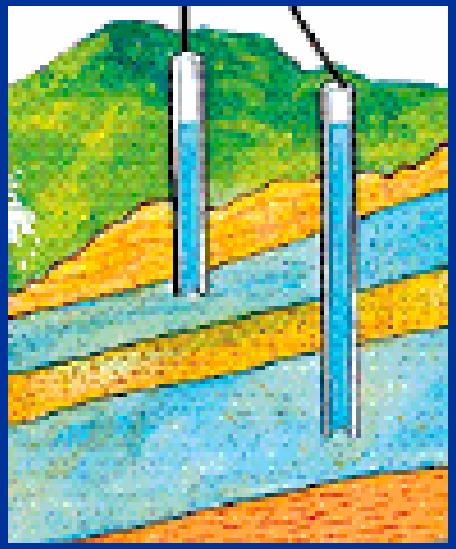


عوامل موثر در عمق سطح ایستابی

- مقدار بارندگی
- مقدار تبخیر
- میزان تخلیه طبیعی و مصنوعی
- خصوصیات زمین شناسی محل
- توپو گرافی زمین

سطح پیزومتریک

سطح پتانسیمتریک یا پیزومتریک، سطح مجازی بار هیدرولیکی در سفره های محبوس می باشد و یا می توان گفت سطح ایستابی مجازی در سفره های محبوس است. Confined Aquifer



آب زیر زمینی و سازندهای زمین شناسی

سازندهای قابل حل (کارستی)

۱. سنگ آهک و دولومیت
۲. ژیپس و انهیدریت
۳. سنگ نمک
۴. ماسه سنگ

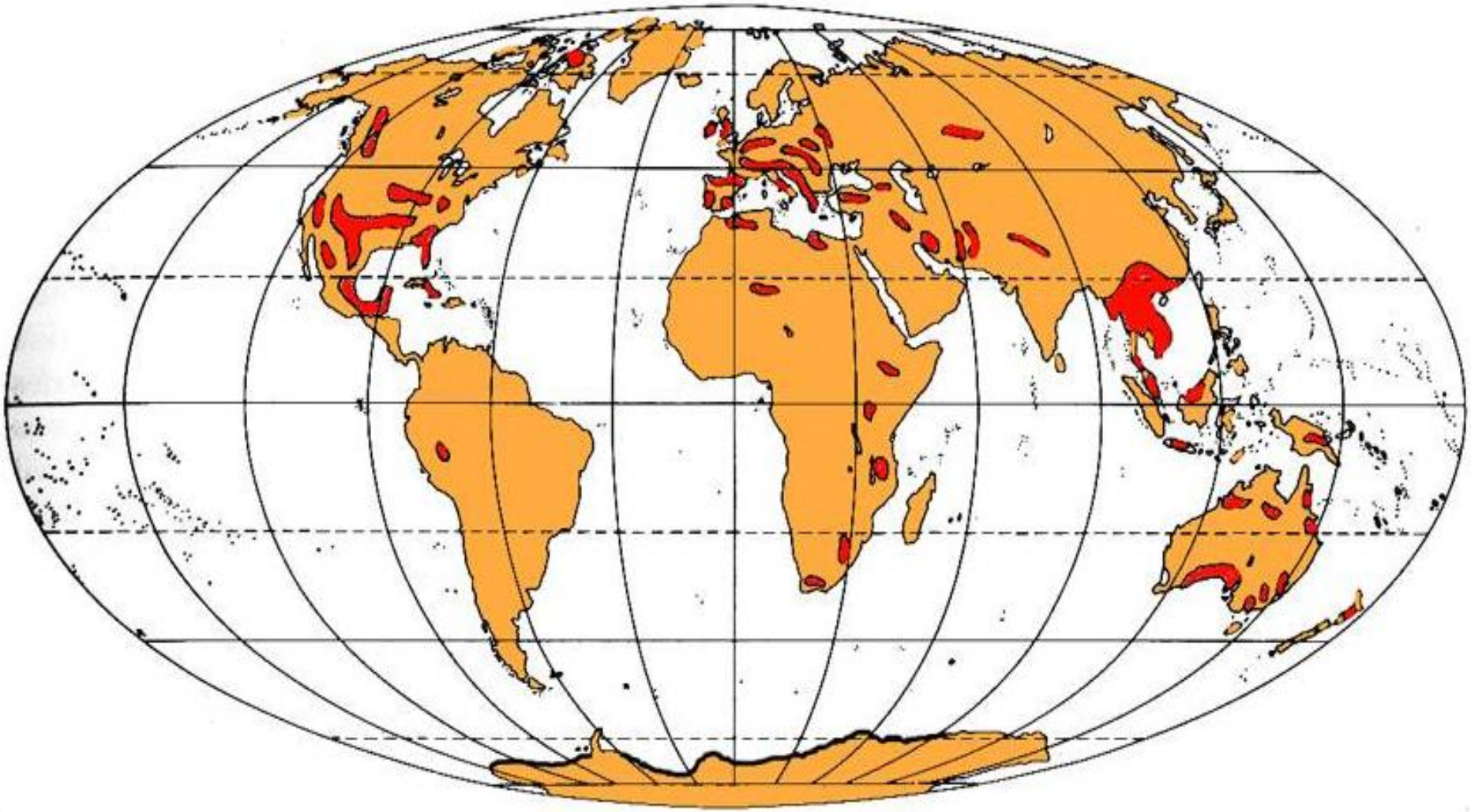
سازندهای غیرقابل حل (غیرکارستی)

۱. انواع سنگهای دگرگونی
۲. انواع سنگهای آذرین
۳. سنگهای رسوبی

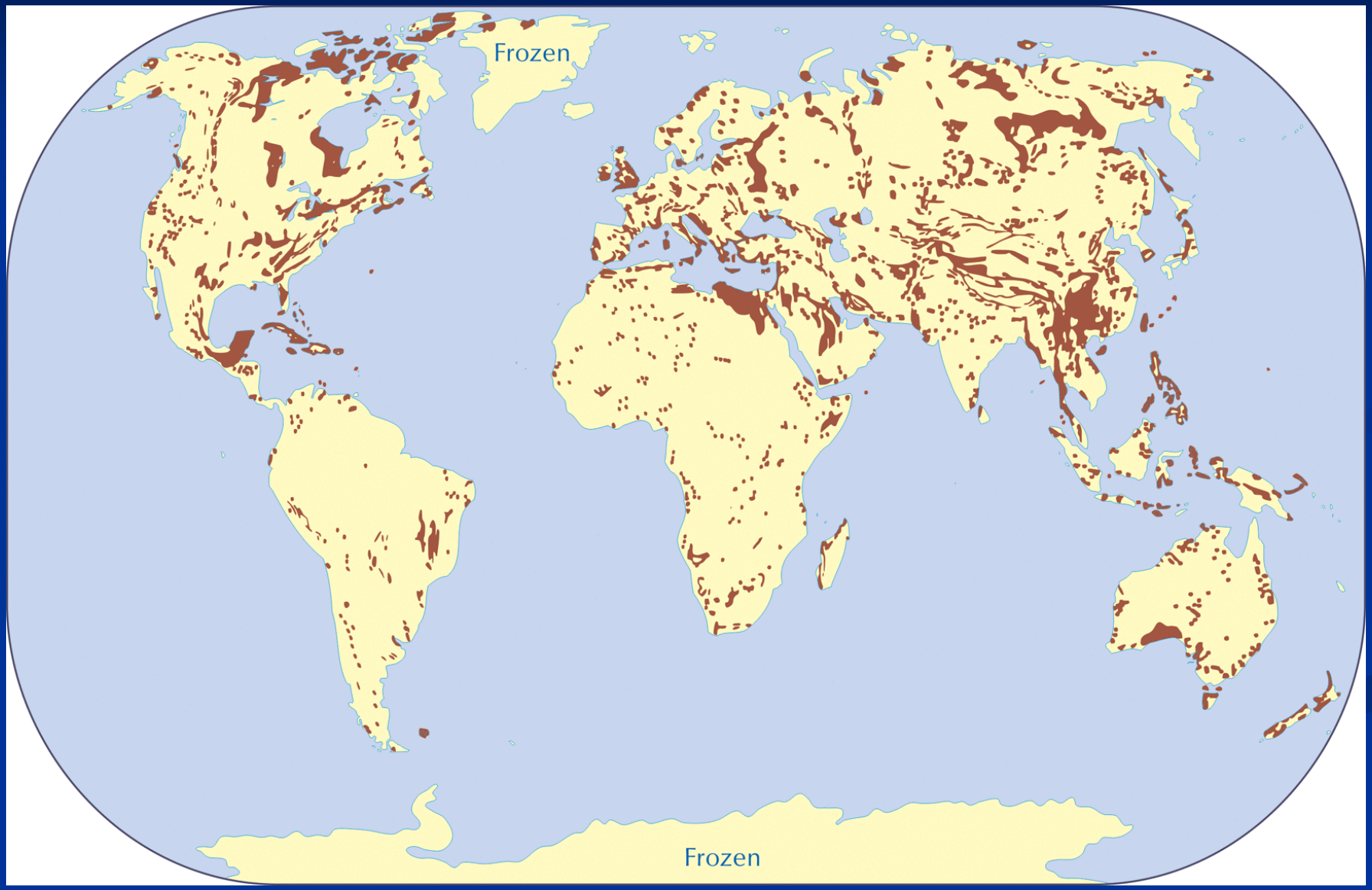
تعریف کارست :

به مجموعه ای از فرآیندهای زمین شناسی و پدیده های حاصل از آنها که در اثر انحلا ل بوجود می آیند ، گفته می شود . این فرآیند نوع ویژه ای از رژیم چرخه آب ، توپوگرافی و شبکه زهکشی را بوجود می آورد .

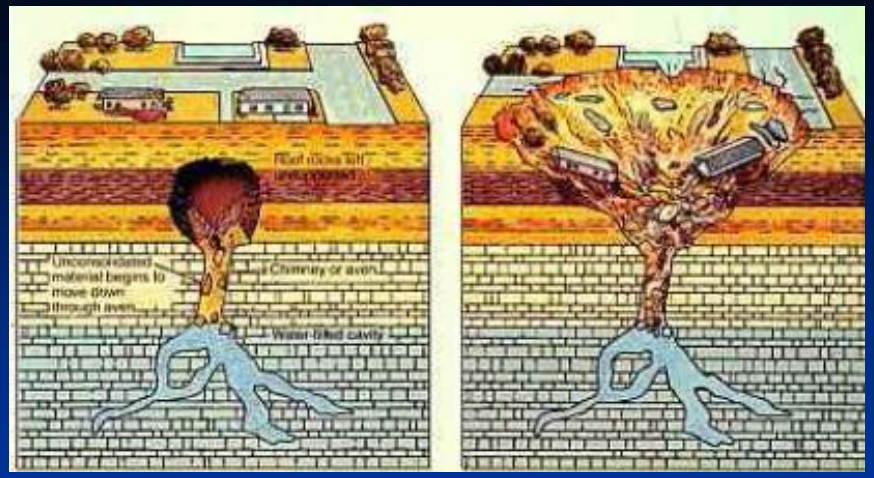
Major known Karst regions of the world



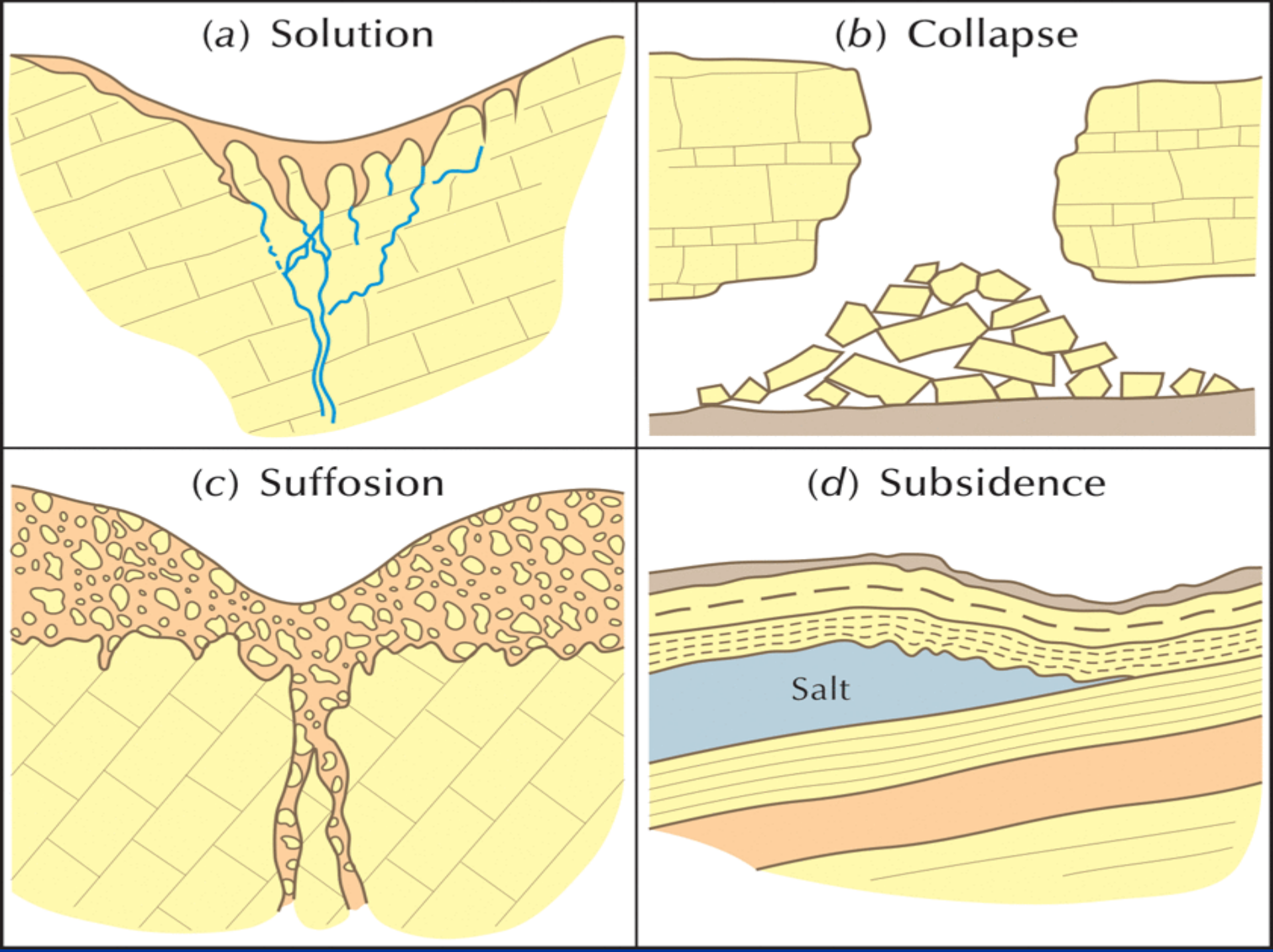
Distribution of Karst

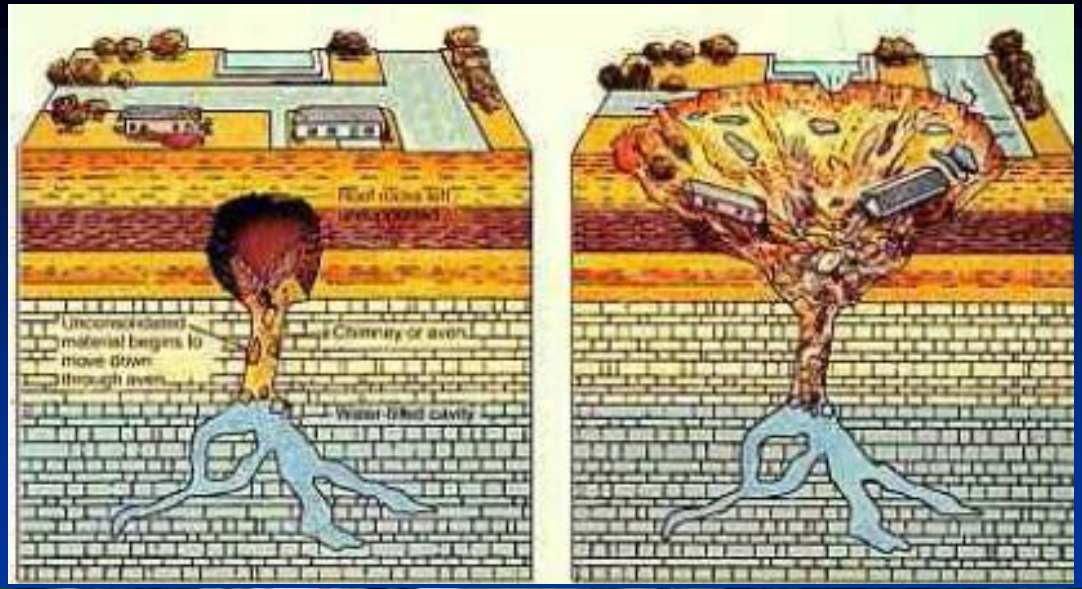


Hazards in Karst land



- Doline (sinkhole, cenote)
  - Solution
  - Subsidence
  - Collapse
  - Soffusion

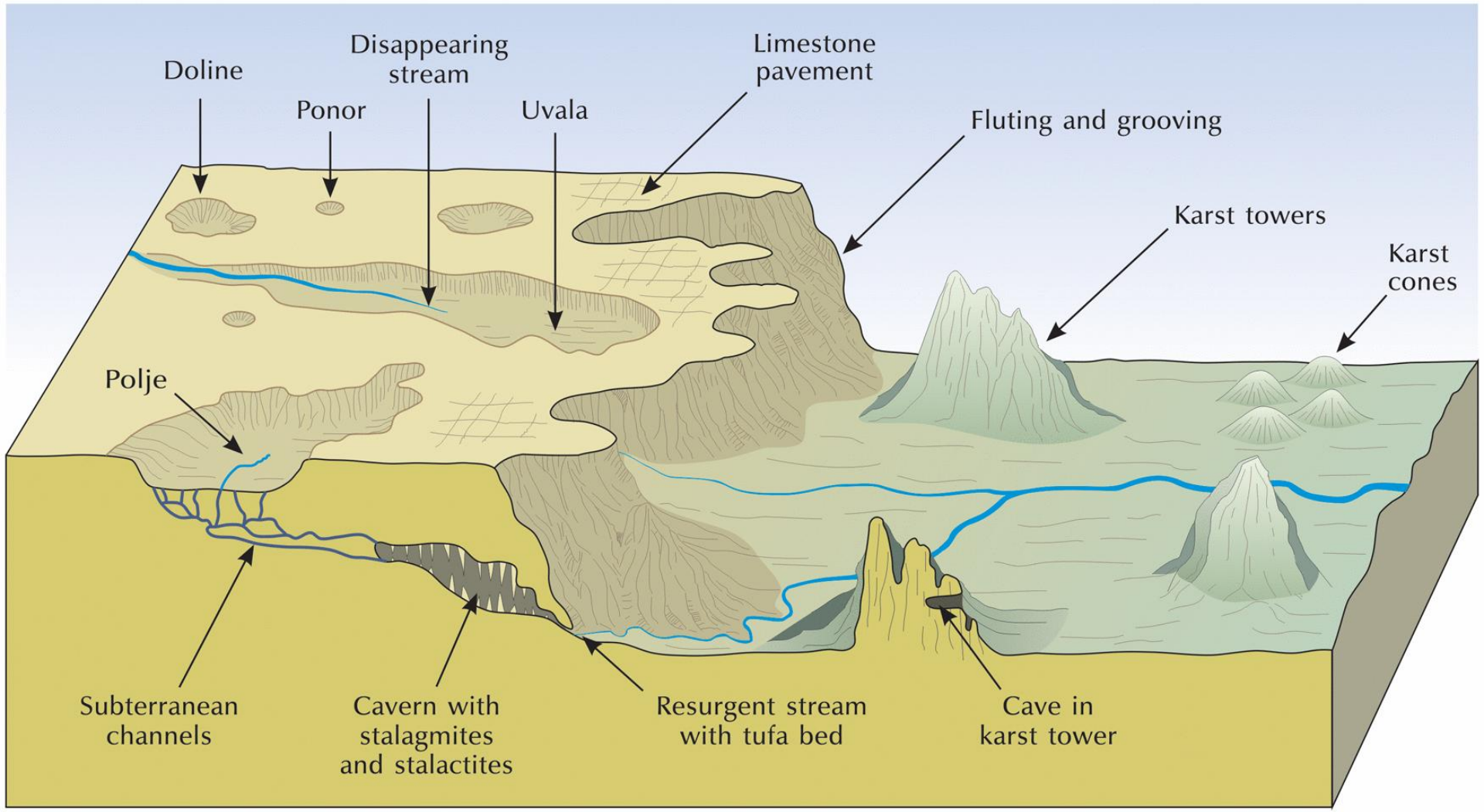

(a) Solution
(b) Collapse
(c) Suffosion
(d) Subsidence
Salt


Unconsolidated material begins to move down through sinkhole
Chimney or sinkhole
Water-filled cavity

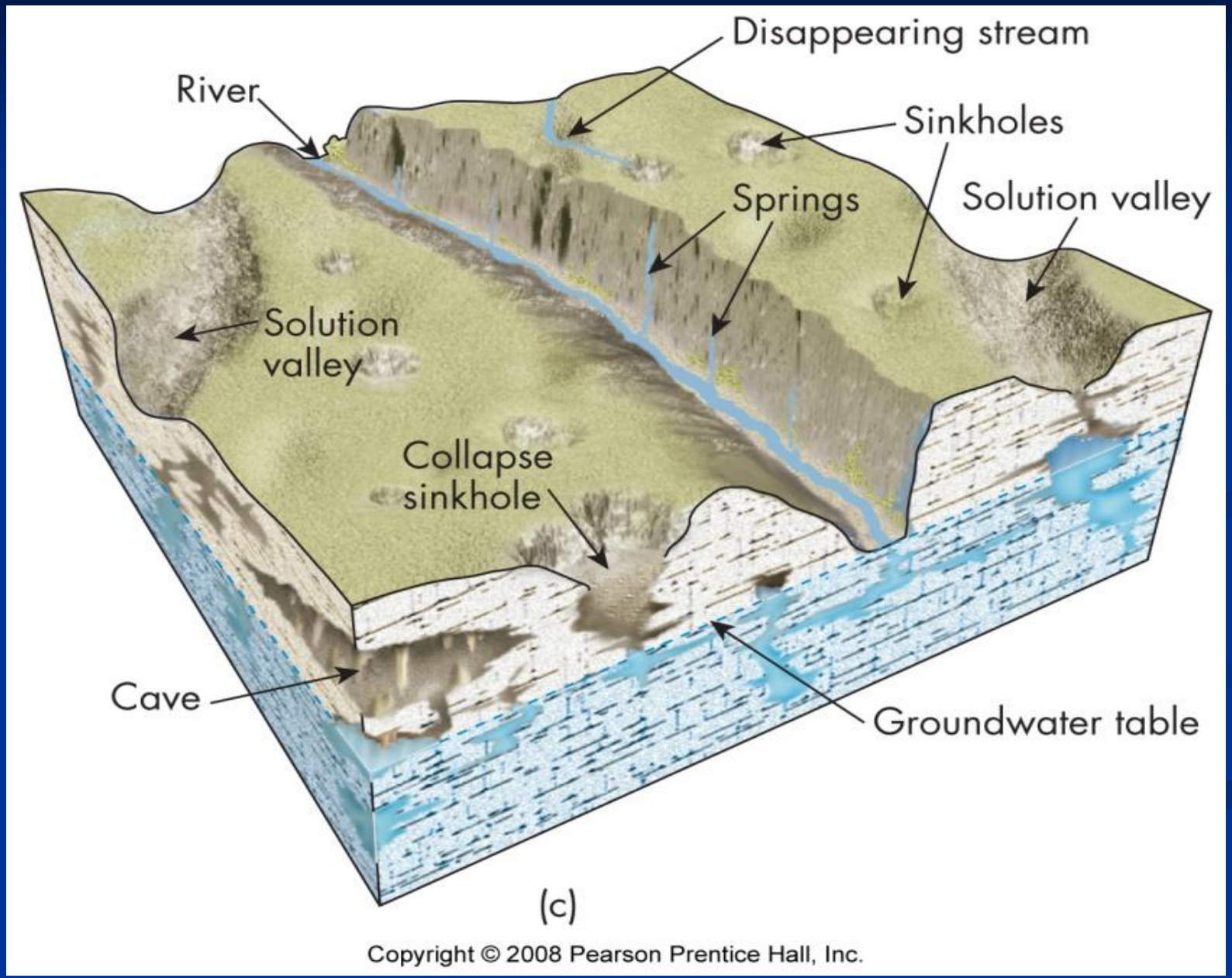
100 m across

Winter Park sinkhole , Florida(1981)

Karst landscapes



Karst Topography Summary



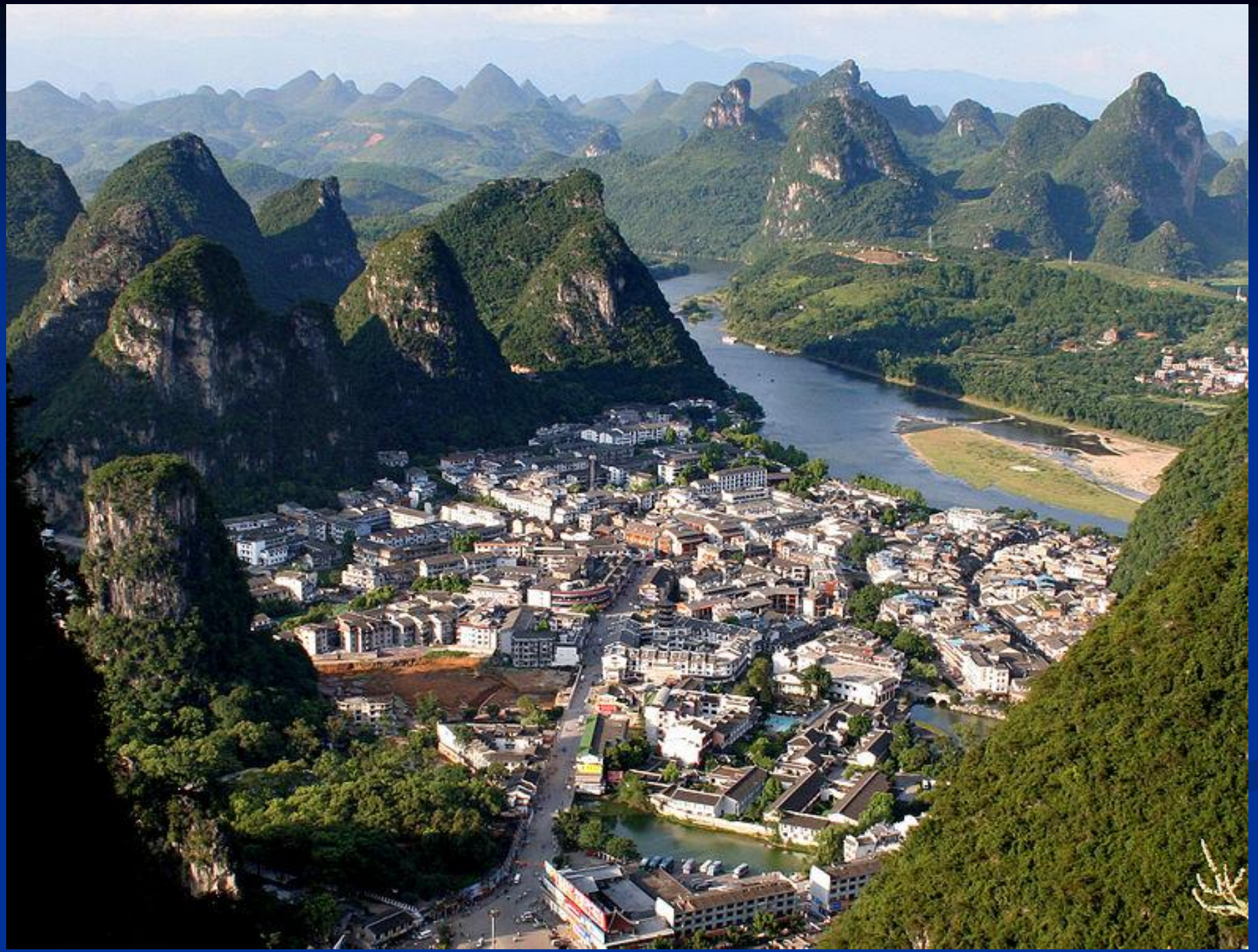
Copyright © 2008 Pearson Prentice Hall, Inc.

Sinkhole in the Kentucky

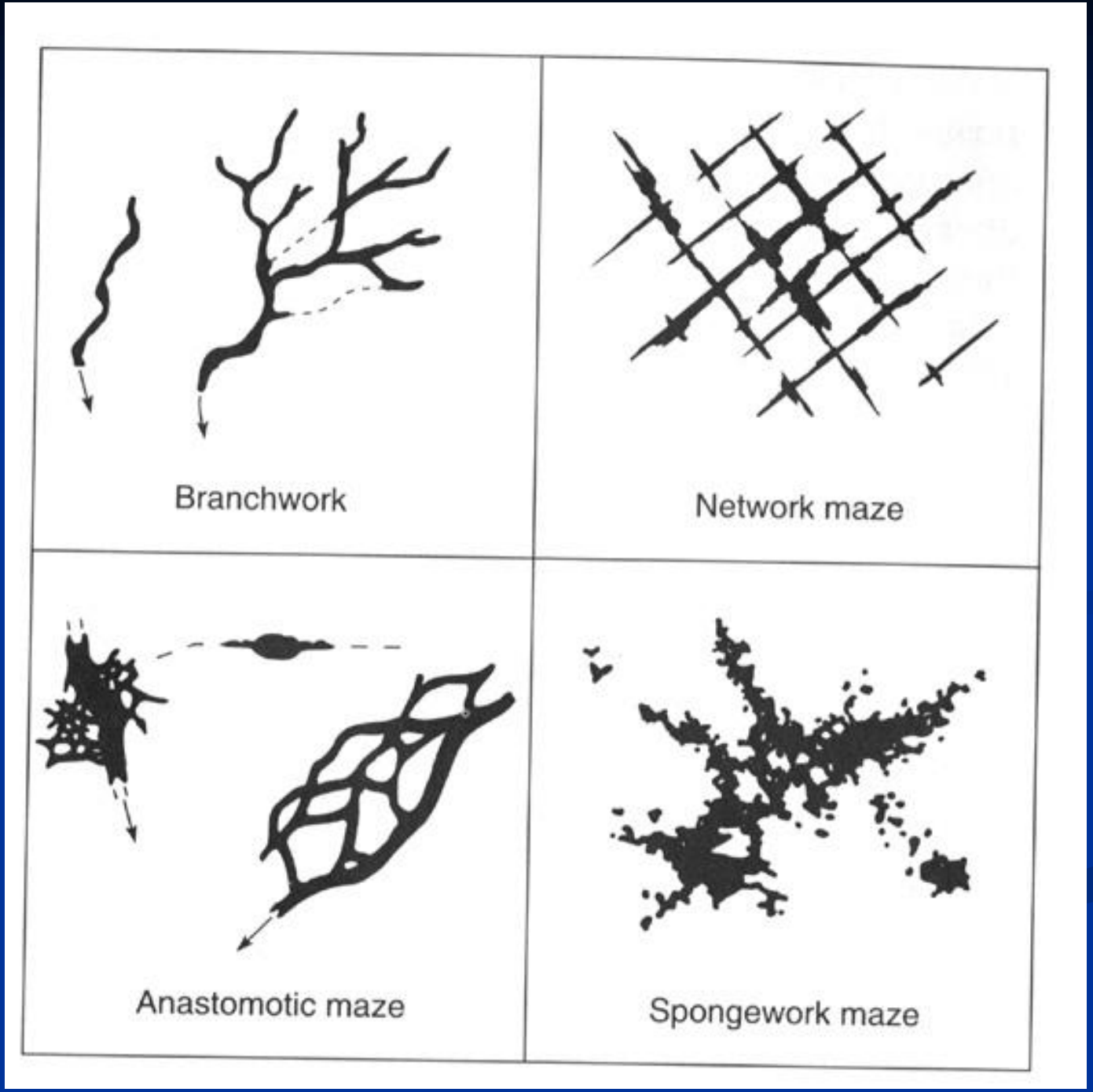
HANOI, VIETNAM

Springs

The Yangshuo region's -china



Cave Patterns



The development of Karst terrain depends on the interplay of at least several important factors. These include:

1. Lithology
2. Structure
3. Hydrology
4. Climate
5. Vegetation
6. Depth

C0103-33: 2W : Wombeyan Marble Quarry - Epikarst (c) KG.Grimes 2001

Karst Development Factors

توسعه کامل کارست در آهکهایی روی می دهد که :

۱. **خالص**

۲. **ضخیم لایه**

۳. **مقاومت مکانیکی بالا**

۴. **درزه های توده ای**

میزان جریان آب موجود در درزه ها عامل کنترل کننده توسعه کارست است . چالک هم بطور ضعیف مستعد توسعه کارست است . و در سطح توسعه کارست در چالک بیشتر است . سنگ گچ و نمک نیز مستعد کارست اند .

عوامل کنترل کننده توسعه کارست

Structure

- Limestones and dolomites at or near the surface tend to deform by **brittle fracture**.
- This tendency to form **complex joint sets.**

عوامل کنترل کننده توسعه کارست

Hydrogeology

Initially, atmospheric carbon dioxide diffuses into the moisture within the air or soil and simultaneously becomes hydrated to form carbonic acid:

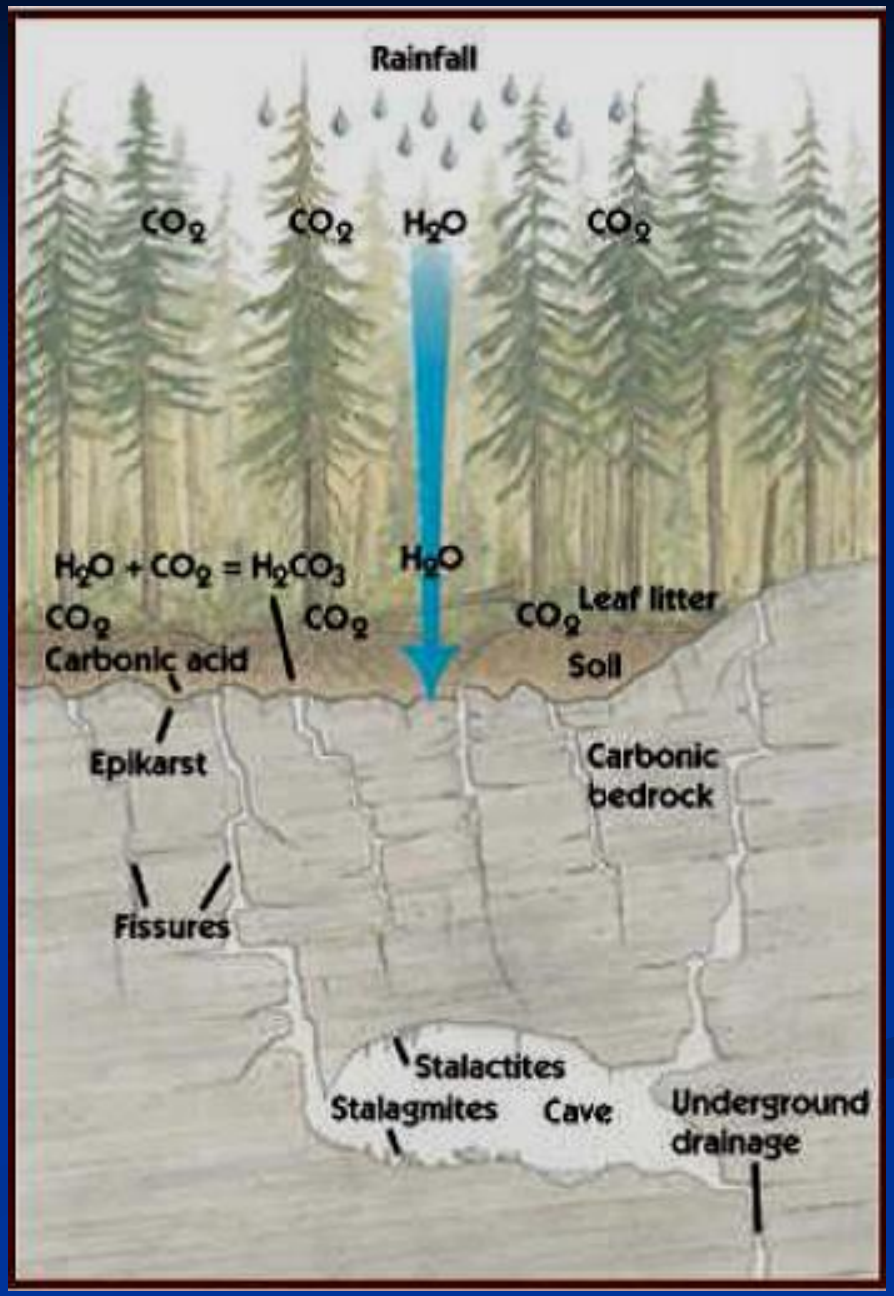
$$CO_2 + H_2O <-> H_2CO_3$$

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O <-> Ca^{2+} + 2HCO^{3-}$$

limestone — dissolved limestone

Additional acids include:

- **organic acids** from soils and micro organisms
- **sulphuric** and **nitric acids** from acid rain



عوامل کنترل کننده توسعه کارست

Climate

- Adequate **moisture** must be present to allow karst formation.
- The best-developed karst regions of the world are found in
  - tropical (e.g., Jamaica)
  - temperate (e.g., Yugoslavia).

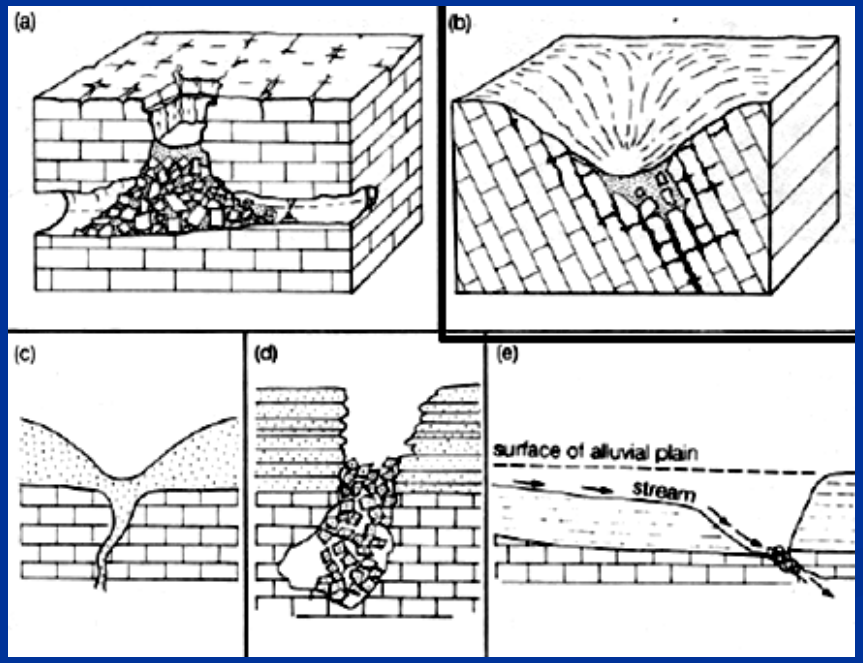
کارست عمدتاً در مناطق گرمسیر و معتدل روی می دهد

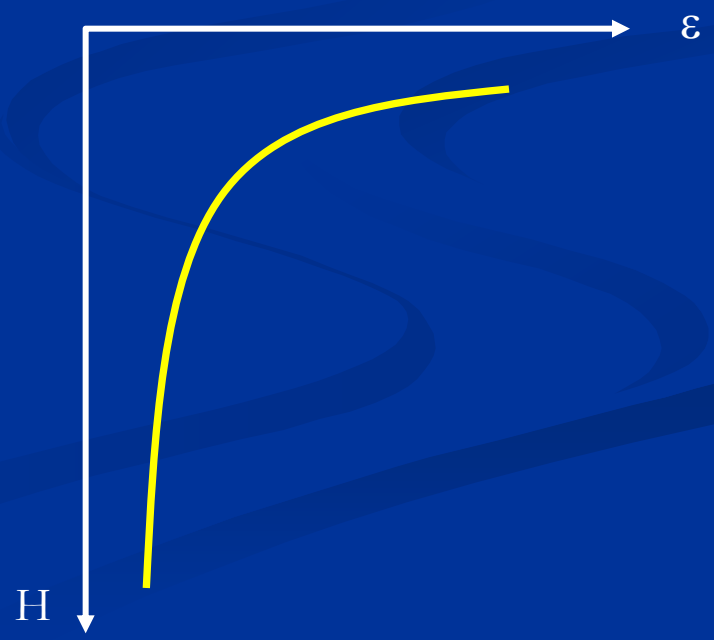
Vegetation

عوامل گیاهی و بیولوژیکی باعث تسریع در فرآیند انحلال می شوند

رابطه بین فرآیند کارست با عمق سازند

ضریب کارستی شدن $\varepsilon = a\, e^{-bH}$





خصوصیات آبخوان کارستی

۱. تمام مجموعه زیر سطح آب آبخوان نام دارد .

۲. در دو نقطه نزدیک یک چاه فاقد و دیگری واجد آب است .

۳. فضای خالی موجود در سنگ جزیی از آبخوان است .

۴. مرز بین کارست تراز سطح آب خواهد بود .

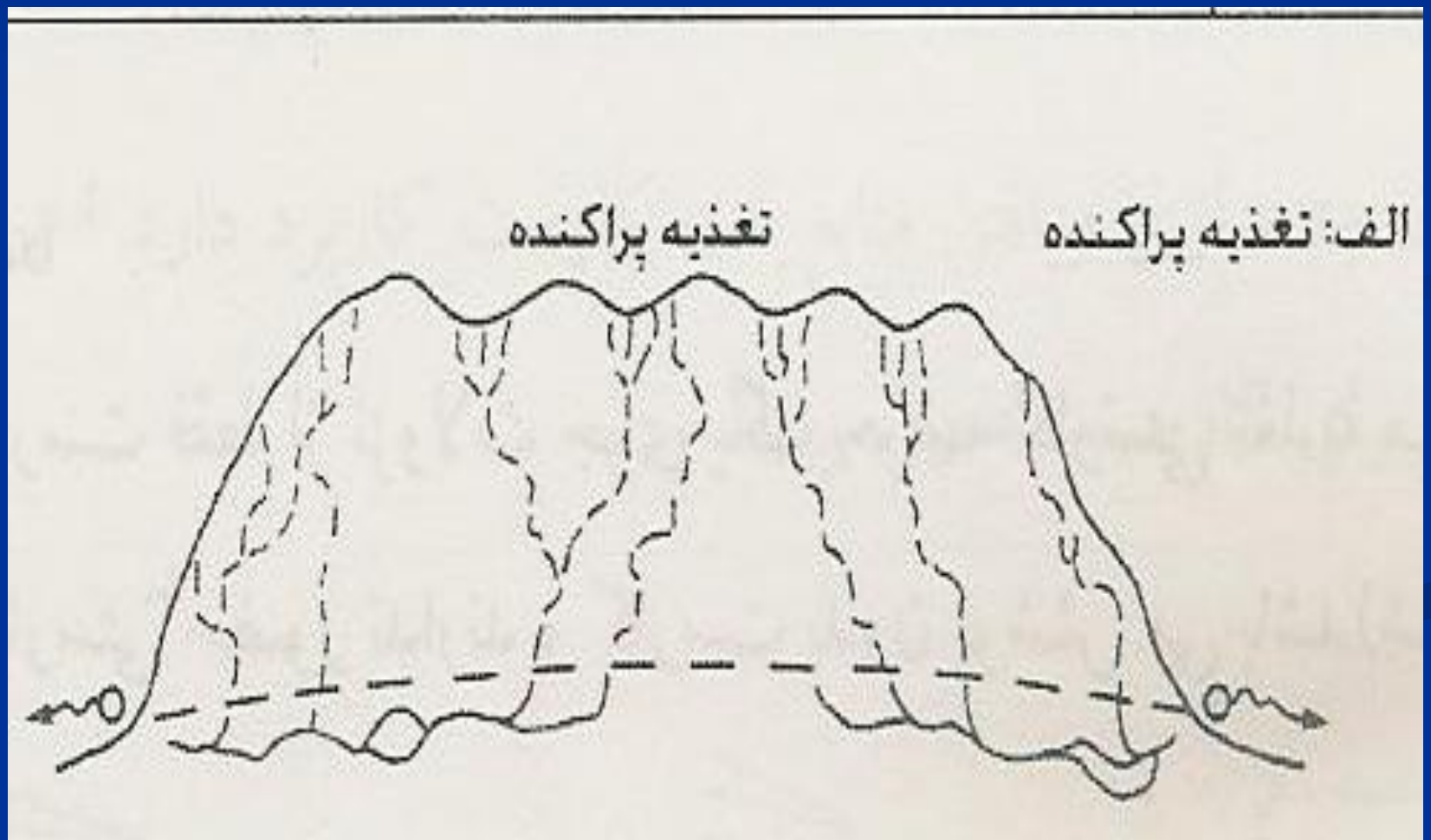
Thraikill -1968

روشهای مطالعه آبخوان در زمین های کارستی :

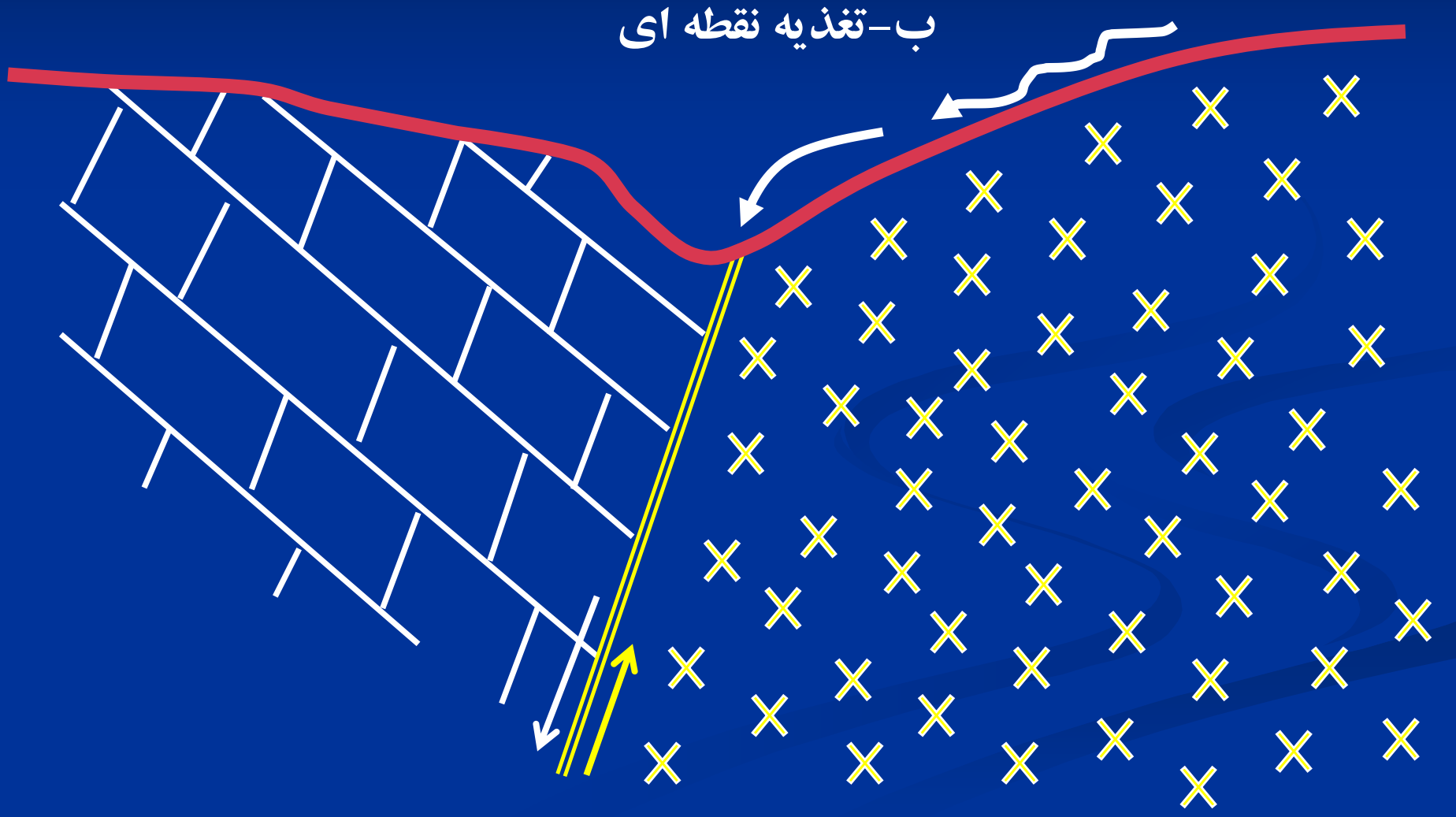
۱. هواشناسی
۲. بررسی های زمین شناسی
۳. حفاری و نمونه برداری
۴. انجام آزمایشات صحرایی و آزمایشگاهی

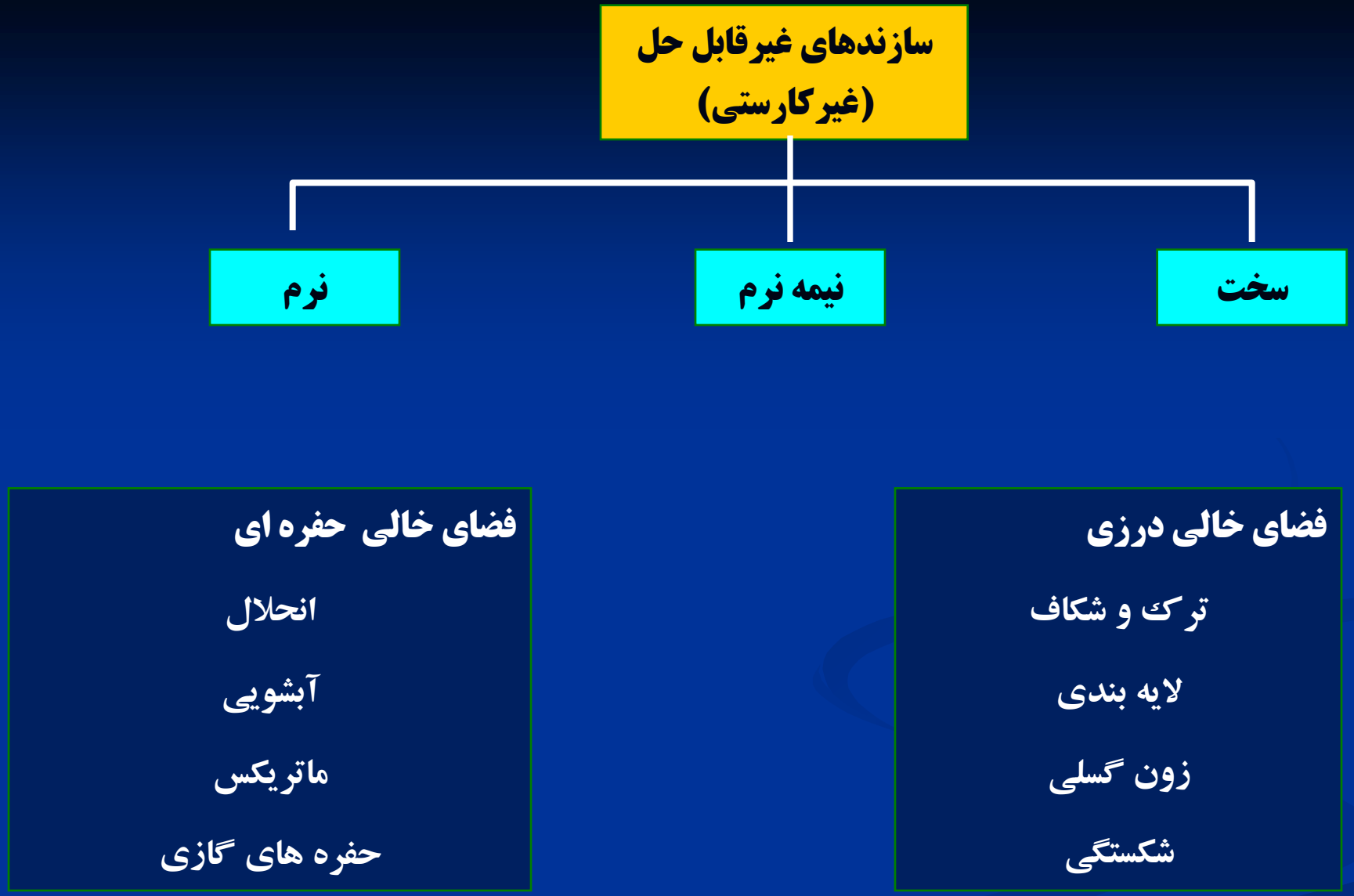
سیستم های تغذیه کارست

الف-تغذیه پراکنده ب-تغذیه نقطه ای



سیستم های تغذیه کارست




سازندهای غیرقابل حل
(غیرکارستی)
سخت
نیمه نرم
نرم
فضای خالی درزی
ترک و شکاف
لایه بندی
زون گسلی
شکستگی
فضای خالی حفره ای
انحلال
آبشویی
ماتریکس
حفره های گازی

سنگهای رسوبی

سنگهای آهکی حفره دار: از نظر تشکیل لایه های آبدار بهترین پتانسیل را در بین سنگهای رسوبی نشان می دهد و تکامل نهایی سازند های آهکی ، ایجاد نواحی کارستی است.

شیلها: معمولاً لایه های آبدار خوبی تشکیل نمی دهند.

ماسه سنگها :

$10^{-6} < k < 10^{-5}$ m/sec

$3.5*10^{-4} < T < 1.5*10^{-3}$ m^2/sec

$2 < S_y < 10$ lit/sec

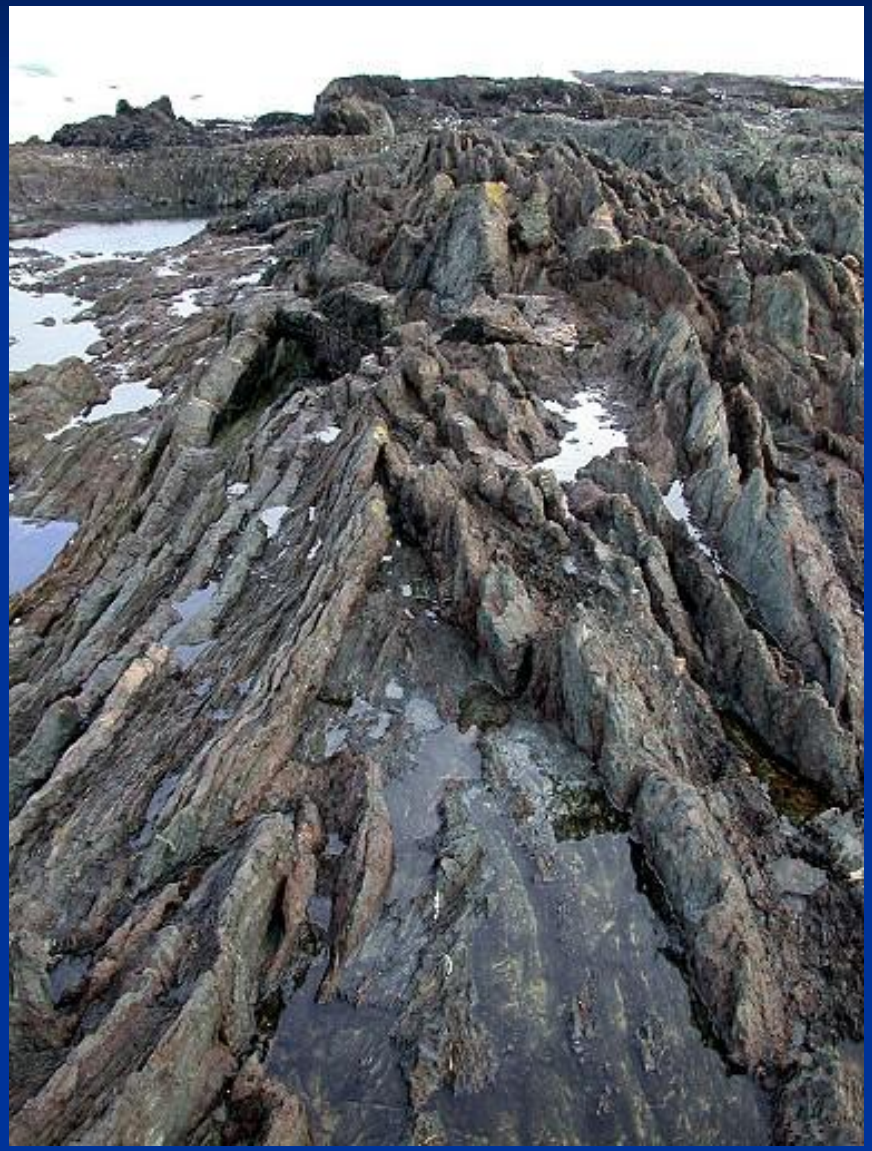
سنگهای رسوبی

لایه بندی در سنگهای آهکی کرتاسه فوقانی – کیاسر ، جنوب غرب گرگان

سنگهای رسوبی

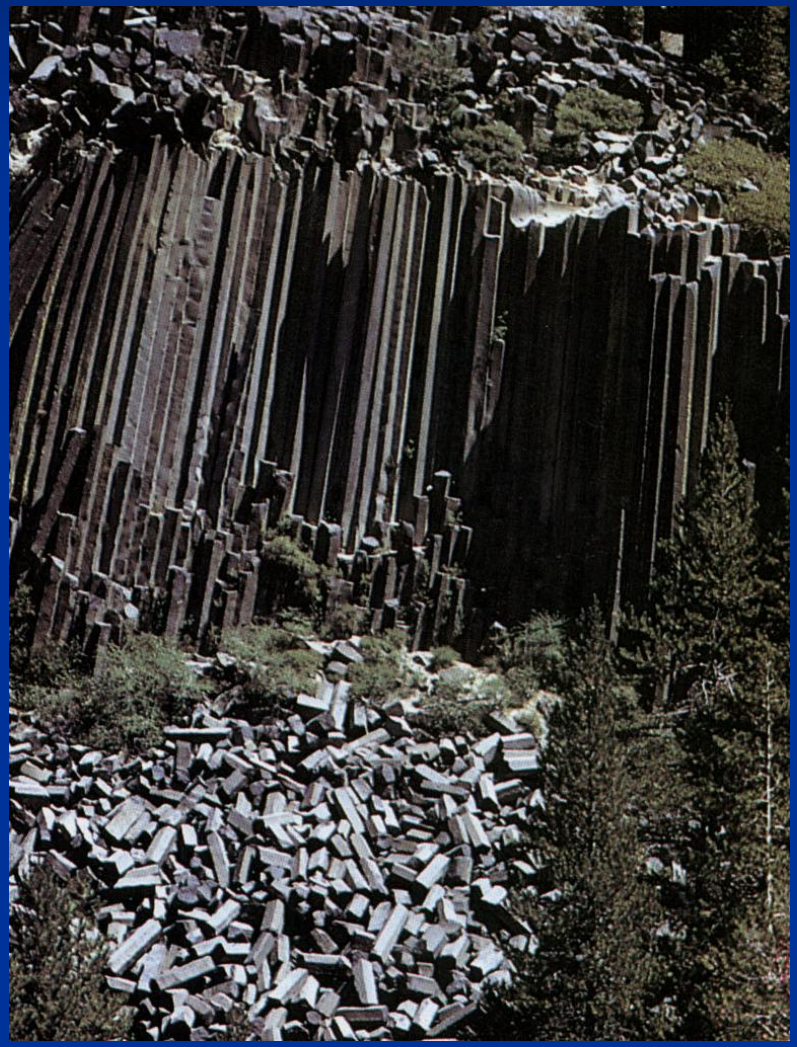
انحلال کارستی در سنگهای آهکی کرتاسه فوقانی – کیاسر ، جنوب غرب گرگان

عوامل موثر توسعه کارست در سنگ های رسوبی



۱. جهت لایه بندی
۲. اقلیم
۳. قابلیت انحلال پذیری
۴. فعالیت های تکتونیکی

سنگ های آتشفشانی



سنگهای آتشفشانی از نظر تشکیل حفره های آب زیر زمینی بسیار متفاوتند. بعضی از گدازه های بازالتی جدید فوق العاده نفوذ پذیرند و می توان چاههایی با آبدهی زیاد در آنها حفر کرد. از طرف دیگر توفها و ریولیت ها گرچه متخلخل اند، ولی معمولاً نفوذ پذیری خیلی کمی دارند.

سنگ های آتشفشانی

سنگهای آذرین درونی

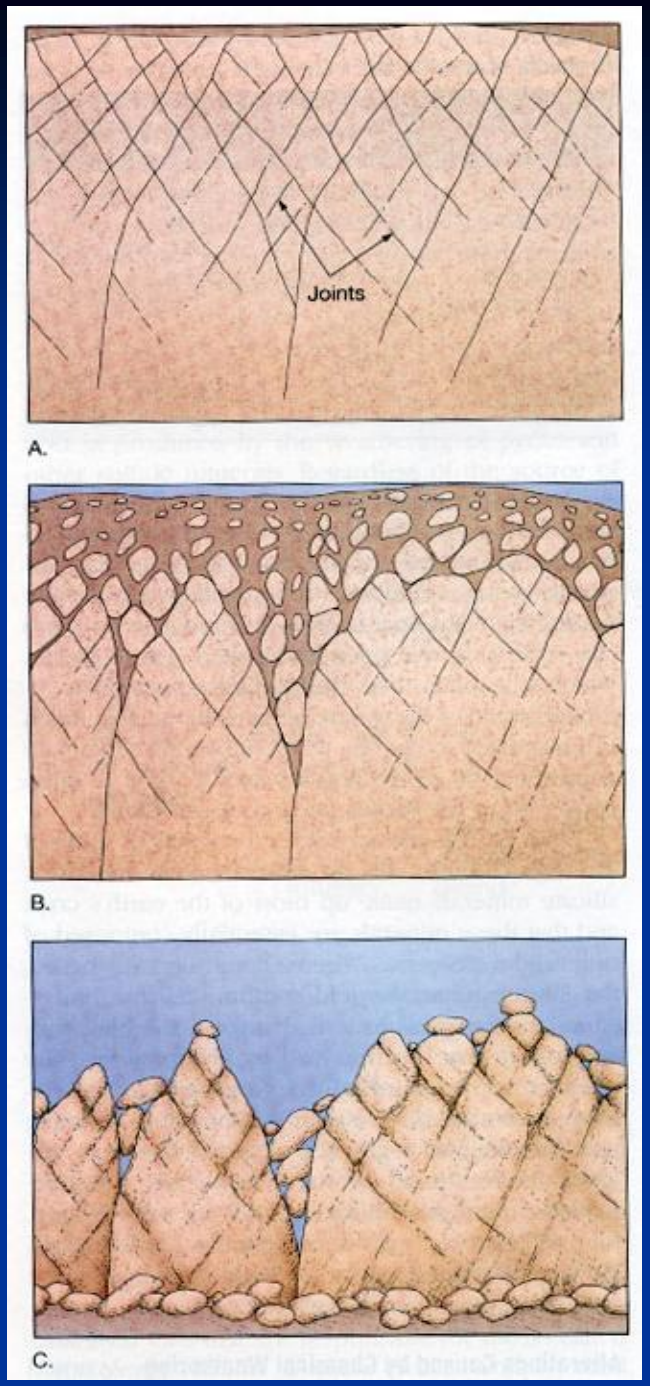
سنگهای آذرین اساساً نفوذ ناپذیرند و اگر خرد شدگی داشته باشند آبدهی کمی دارند . به همین دلیل منابع آب زیرزمینی خوبی نیستند.
درز ،شکاف و فرسایش پوسته پیازی در آذرین درونی عامل انتقال آب است

$3.5*10^{-10} < k < 1*10^{-4}$ m/sec

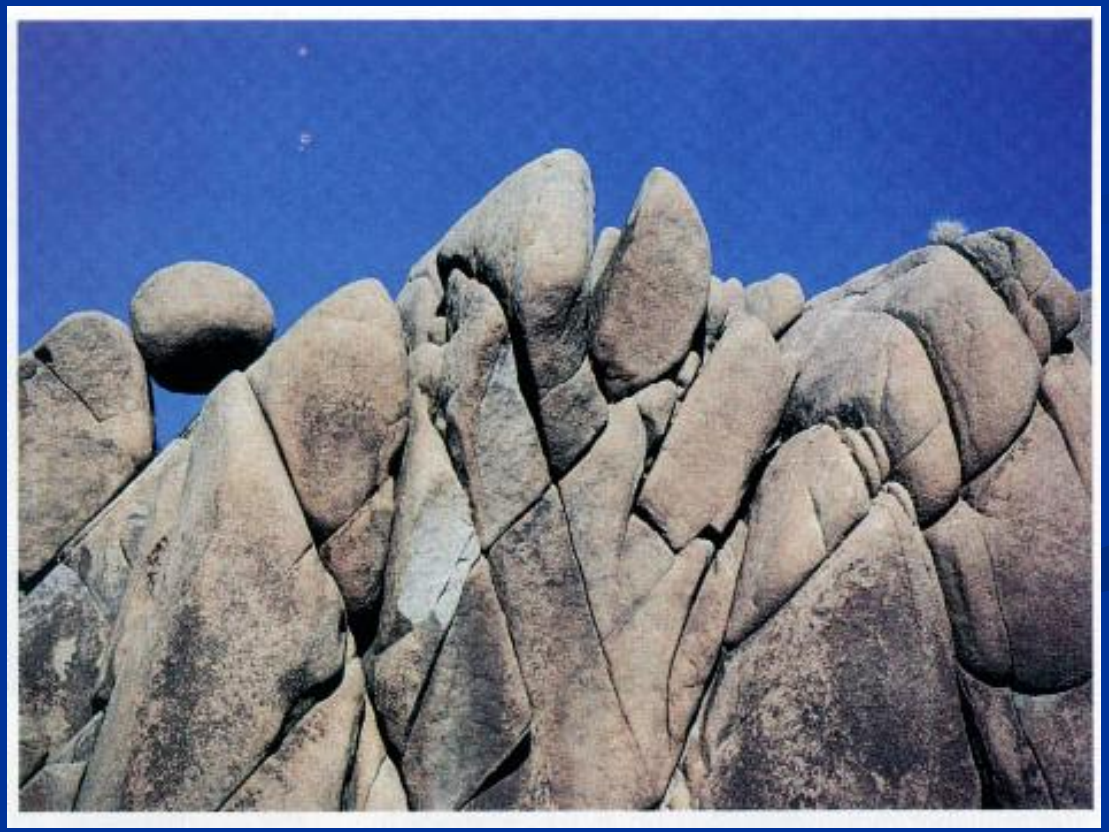
$1*10^{-7} < T < 4.7*10^{-3}$ m^2/sec

سنگهای آذرین درونی

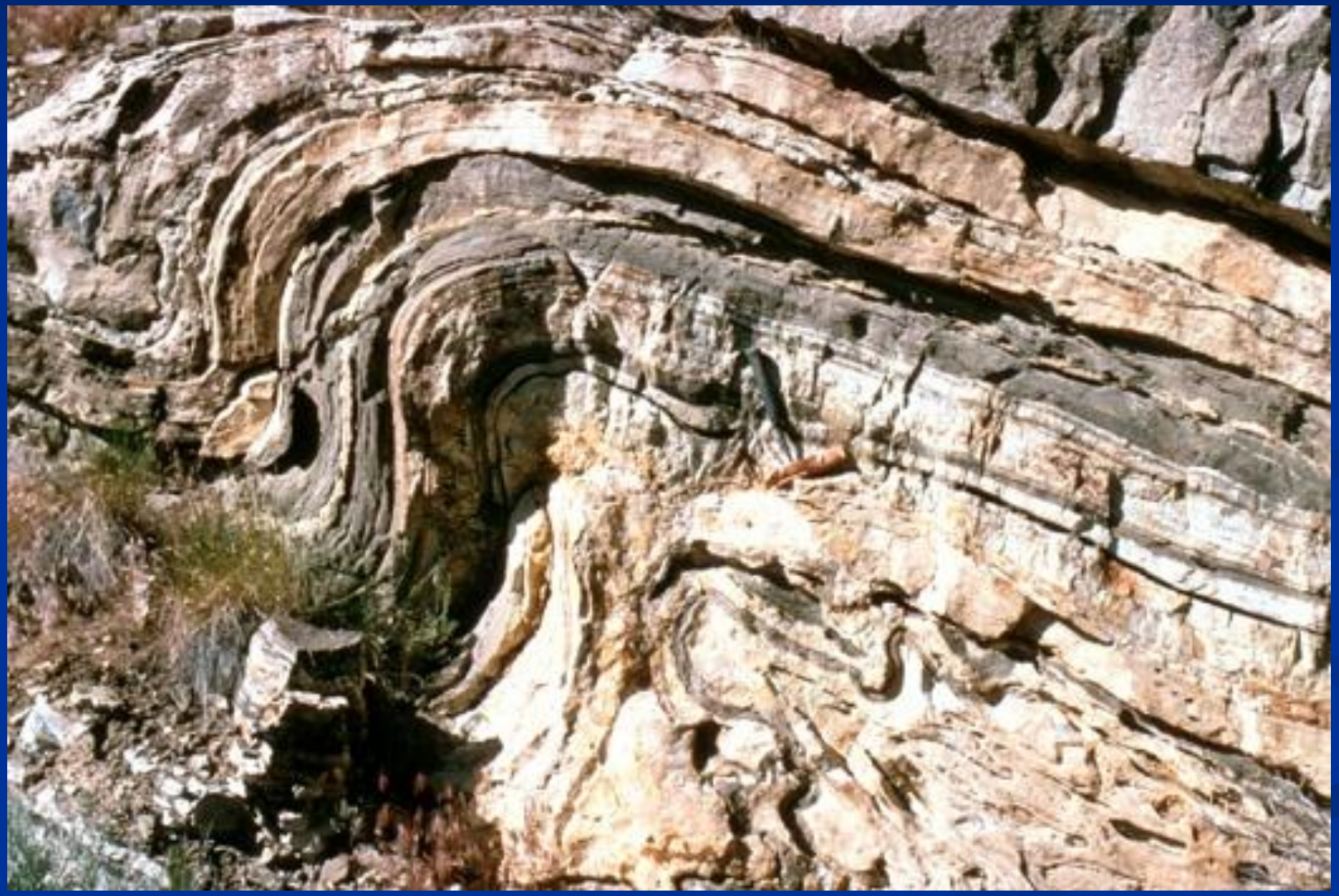
فرسایش پوسته پیازی



درزه های سیستماتیک و هوازدگی عامل تقویت آبخوان در سنگهای آذرین درونی نفوذپذیری و قابلیت انتقال در جهت عمق کاهش می یابد .



سنگهای دگرگونی



سنگهای دگرگونی

شیست و اسلیت : فضای خالی در جهت عمق کم می شود و نفوذپذیری لایه های سطحی نسبتا خوب است و حاوی آب و چشمه های فصلی در آن ایجاد می شود . در اعماق فاقد آب قابل ملاحظه است .

سنگهای دگرگونی

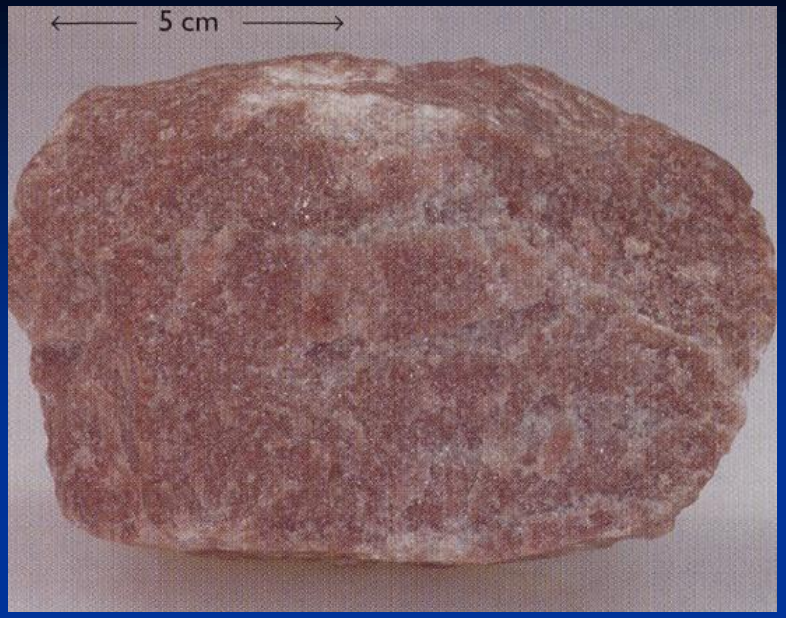
گنایس : شبیه گرانیت هاست . انتقال آب از بین درز و شکاف و شکستگی ها و گسل ها انجام می شود .

$0.5*10^{-6} < k < 1.4*10^{-5}$ m/sec

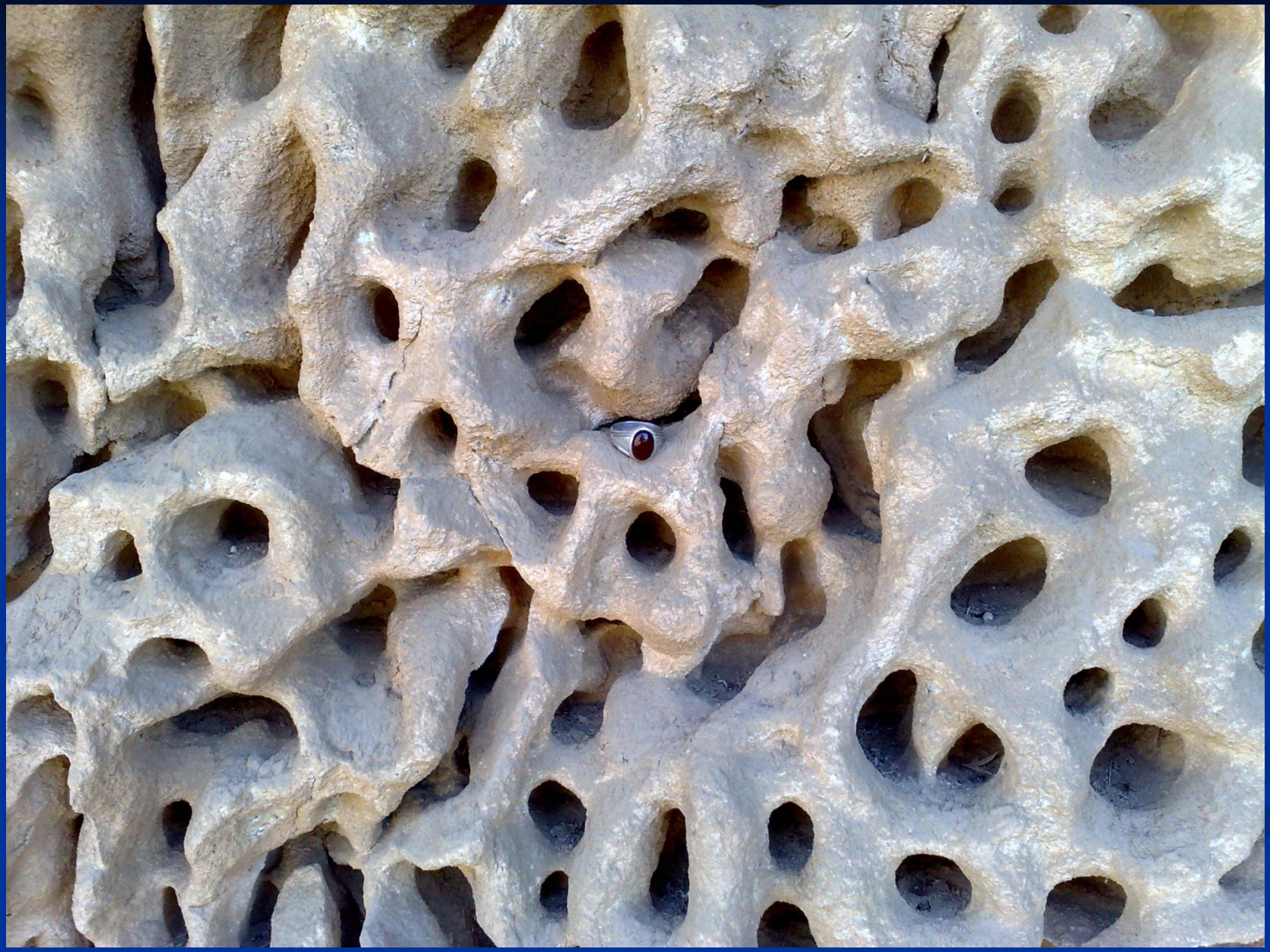
$1*10^{-4} < T < 5*10^{-6}$ m^2/sec

$0.75 < Sy < 2.3$ lit/sec

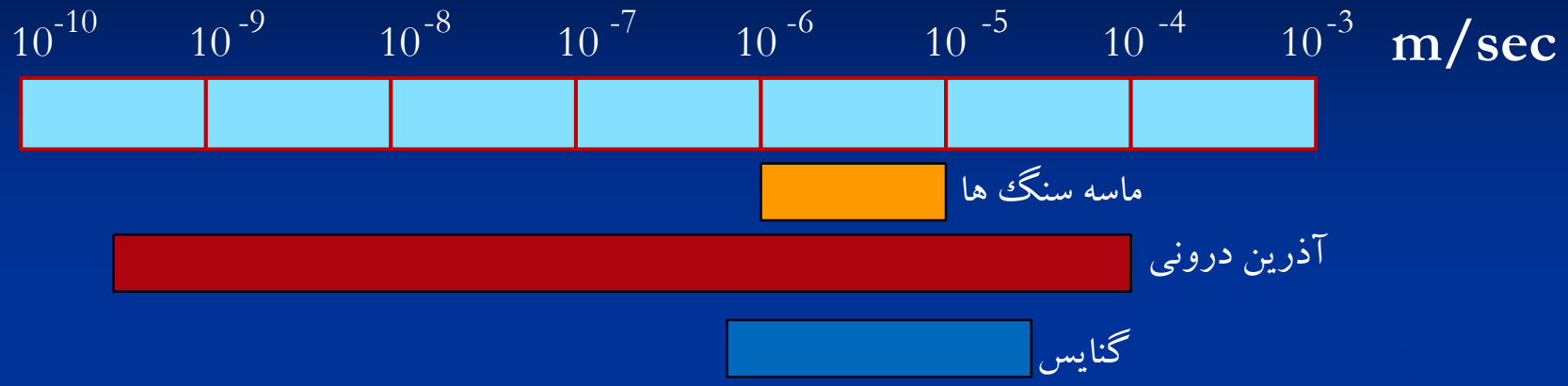
سنگهای دگرگونی



کوارتزیت : از جمله سنگهای ترد و شکننده است و فاقد فضای خالی قابل انتقال آب است . آب فقط از بین درز و شکاف عبور خواهد کرد . دبی بین ۱ تا ۲ لیتر در ثانیه تجاوز نمی کند .

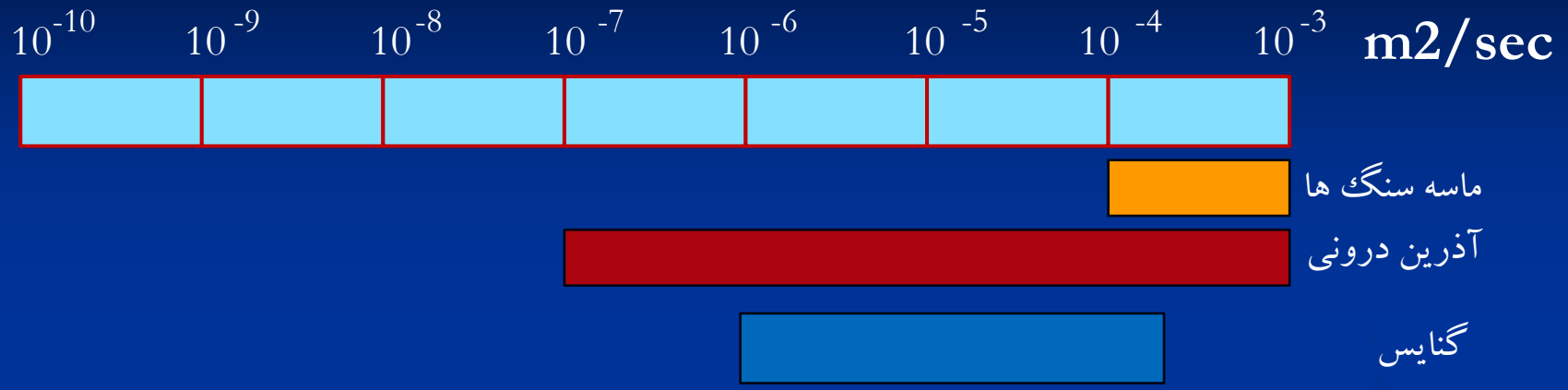


تغییرات نفوذپذیری انواع اصلی سنگها



K

تغییرات قابلیت انتقال انواع اصلی سنگها



T

تغییرات آبدهی ویژه انواع اصلی سنگها

S_y

Thank you
for your attention

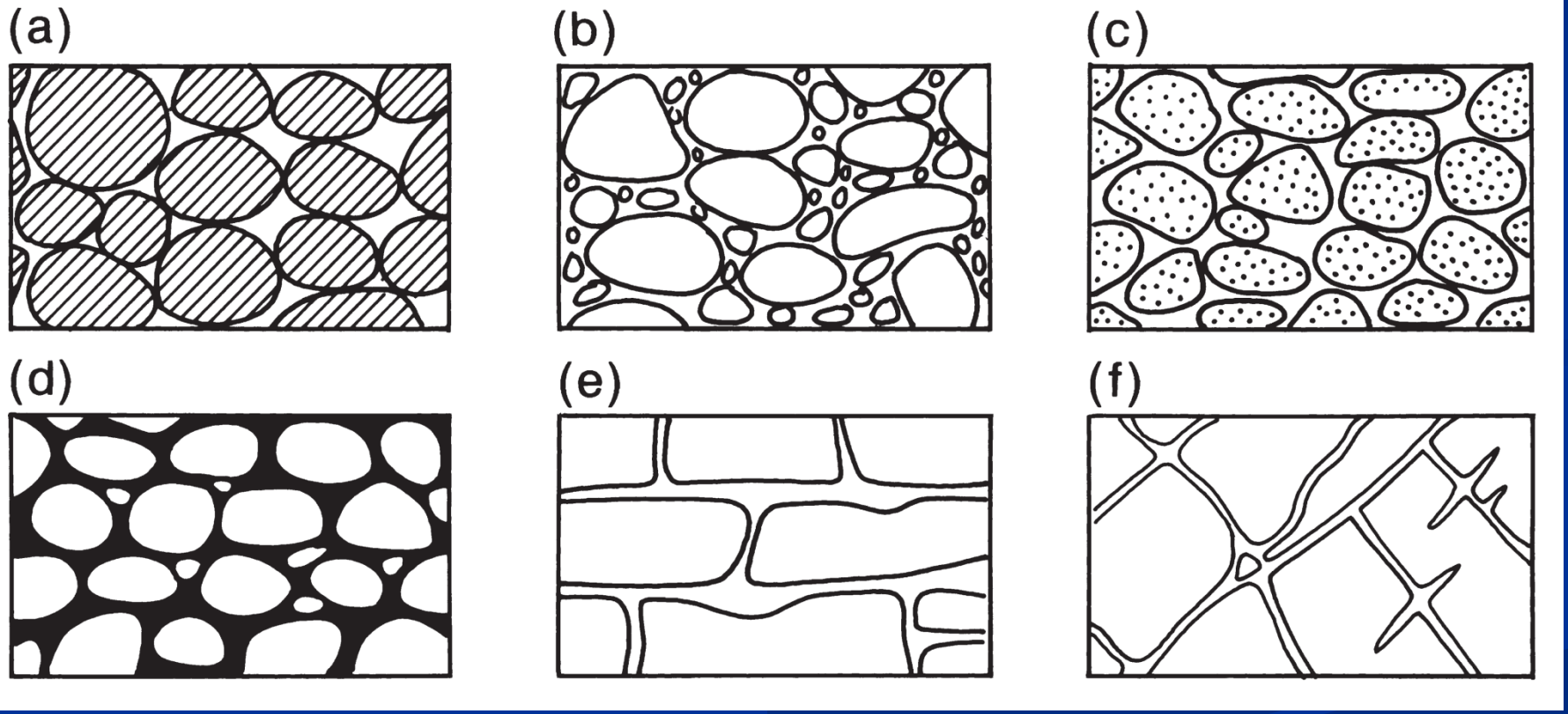
1

Porosity

(a) well-sorted sedimentary deposit having high porosity

(b) poorly sorted sedimentary deposit having low porosity

(c) well-sorted sedimentary deposit consisting of pebbles that are themselves porous, so that the whole deposit has a very high porosity



(d) well-sorted sedimentary deposit whose porosity has been reduced by the deposition of mineral matter (cementation) in the interstices

(e) soluble rock made porous by solution

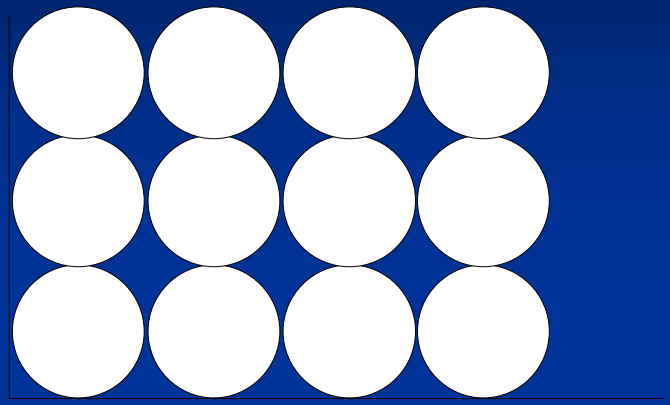
(f) crystalline rock made porous by fracturing

Porosity

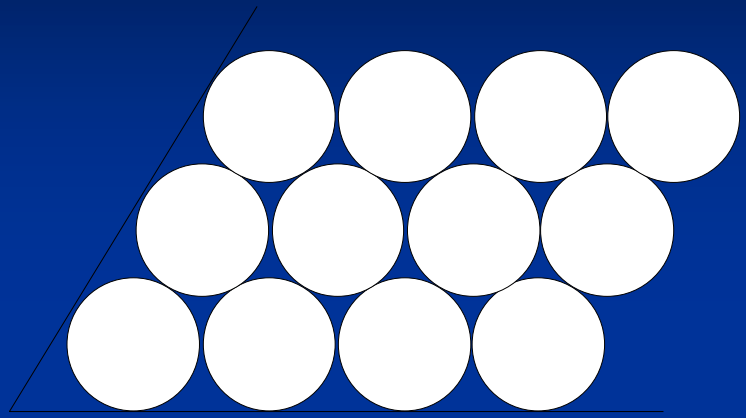
$$n = \alpha = \frac{V_v}{V_t}$$

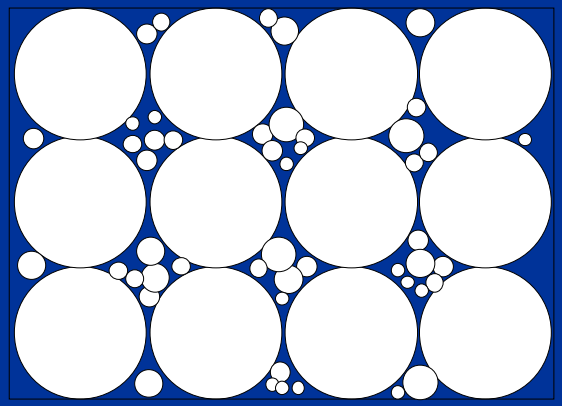
تخلخل

بیشترین تخلخل



کمترین تخلخل





اثر ریزدانه ها و ماتریکس
روی تخلخل

نتیجه :

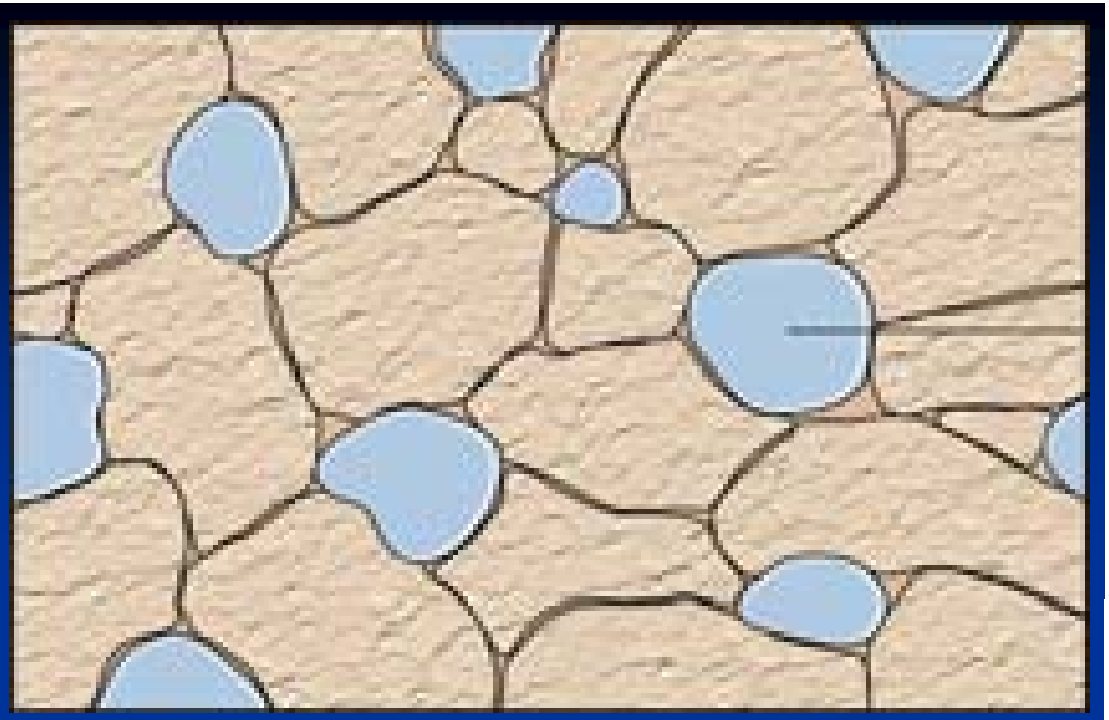
۱. خاک جورشده دارای تخلخل بیشتر است .

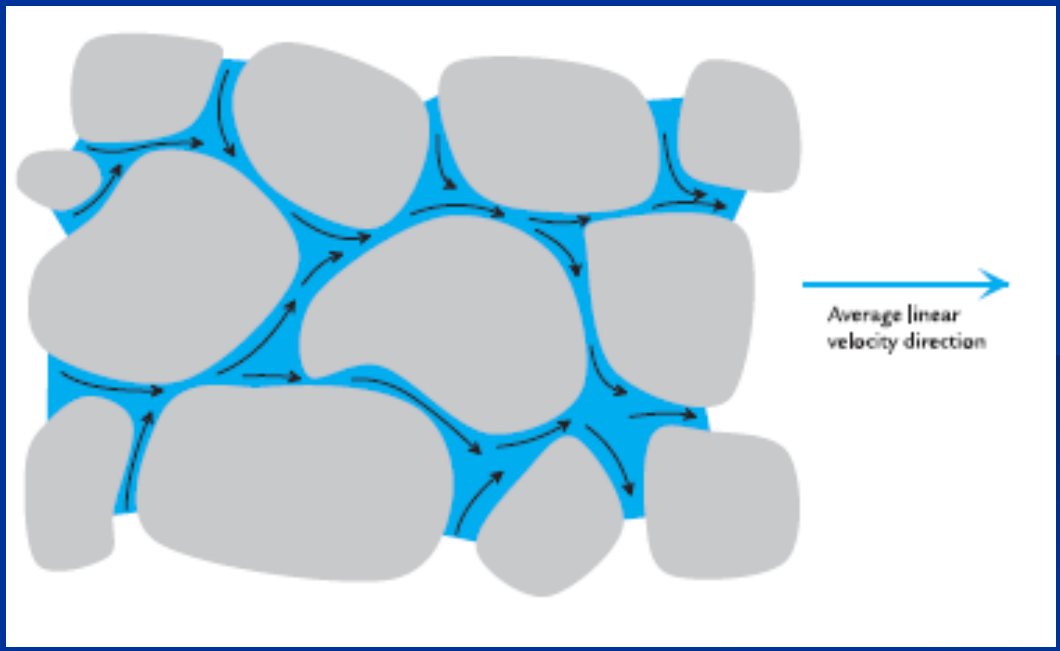
۲. فابریک بر میزان تخلخل موثر است .

۳. توزیع اندازه دانه بر تخلخل موثر است .

۴. ضریب یکنواختی با تخلخل نسبت مستقیم دارد .

تخلخل غیر موثر یا غیر مفید یا نگهداشت ویژه

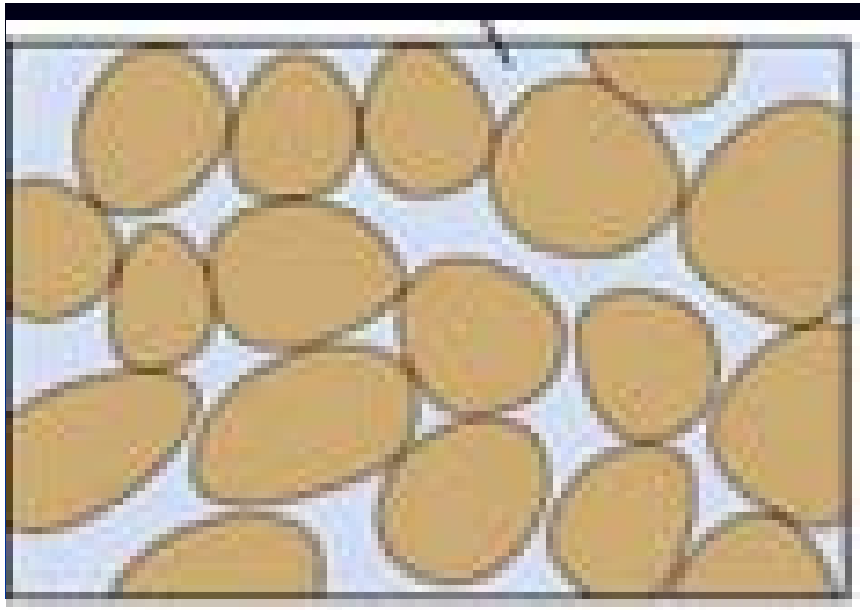




تخلخل موثر(مفید) یا آبدهی ویژه

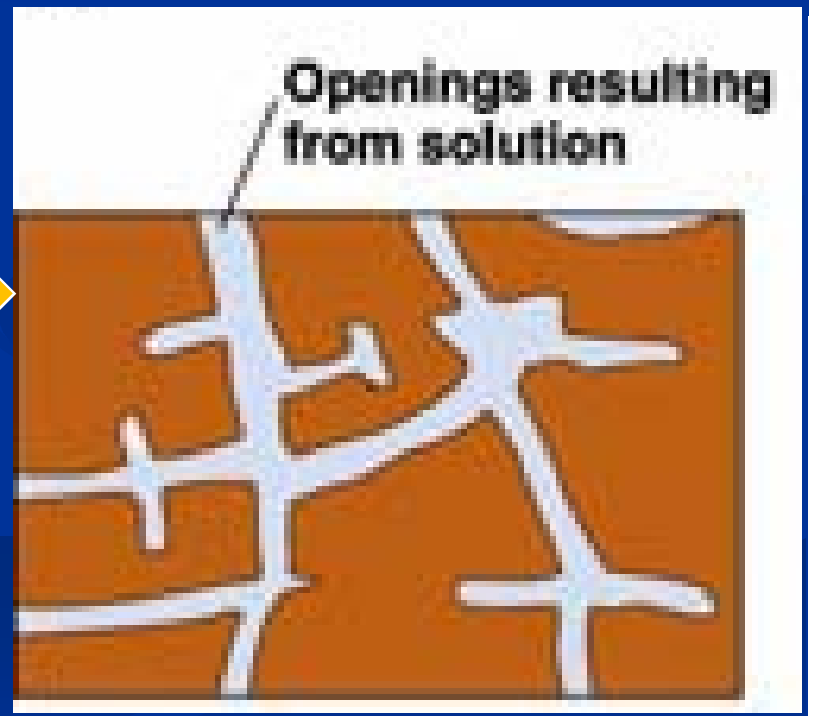
تخلخل اولیه

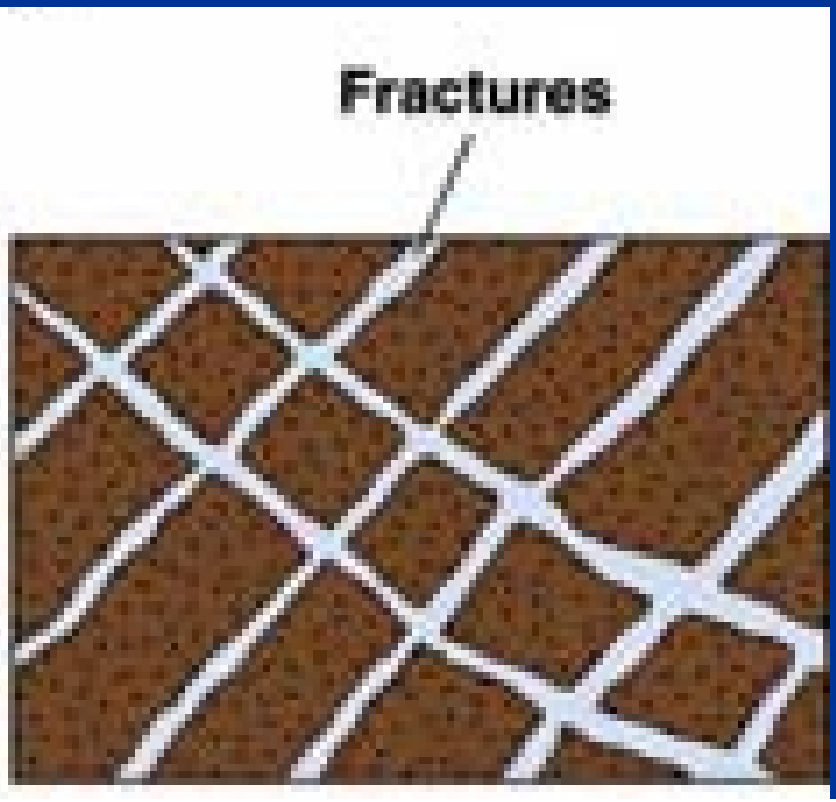
تخلخل حفره ای



تخلخل ثانویه

تخلخل انحلالی

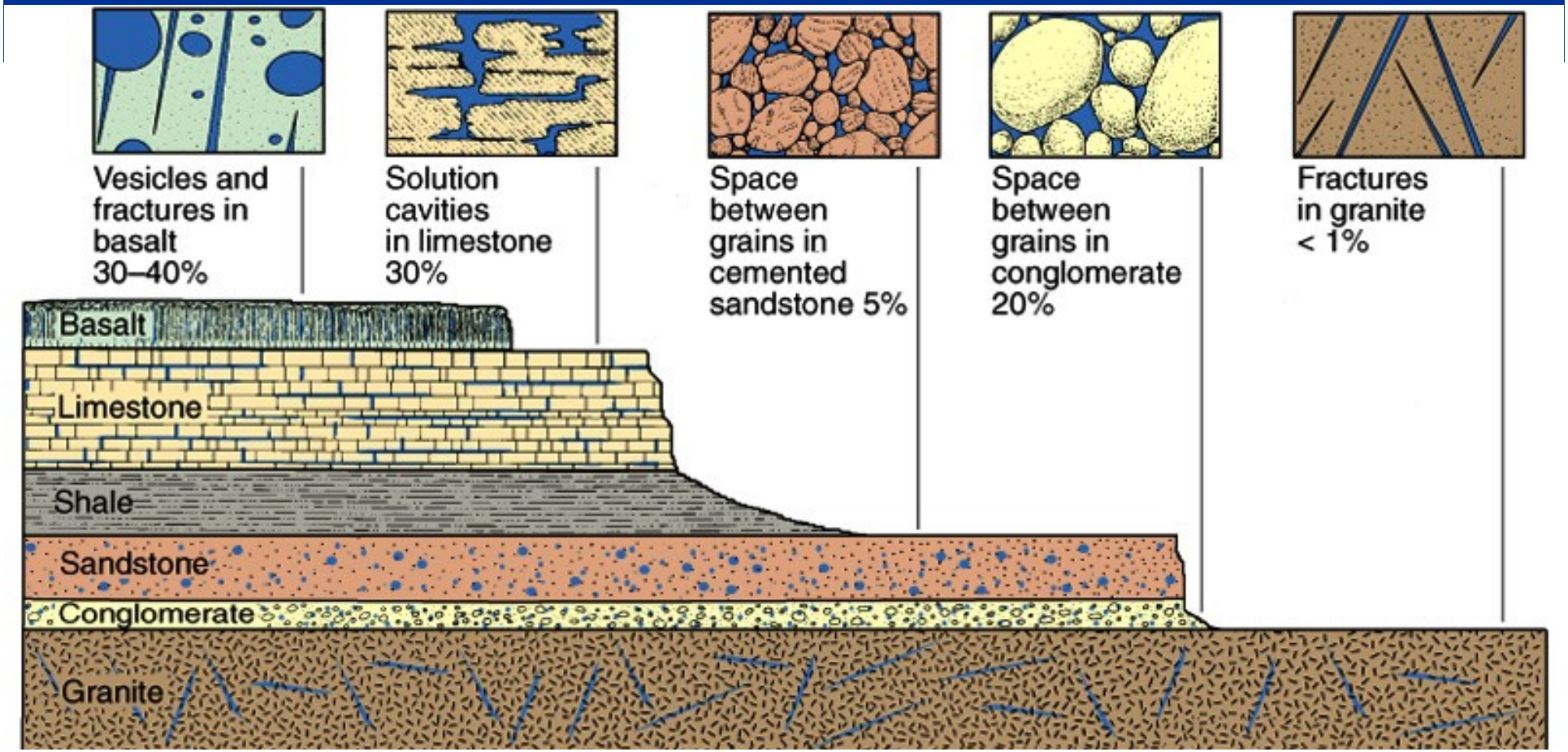




تخلخل در امتداد شکستگی ها

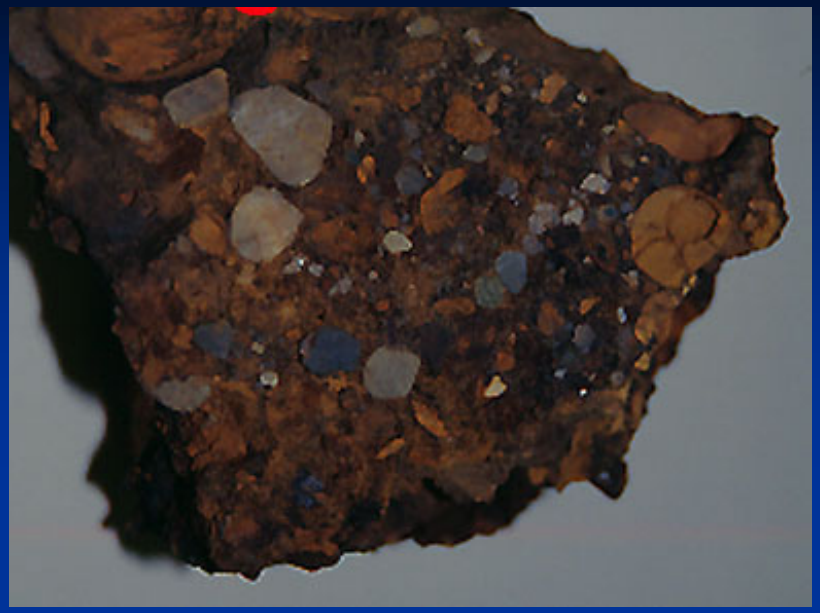
Porosity in rocks

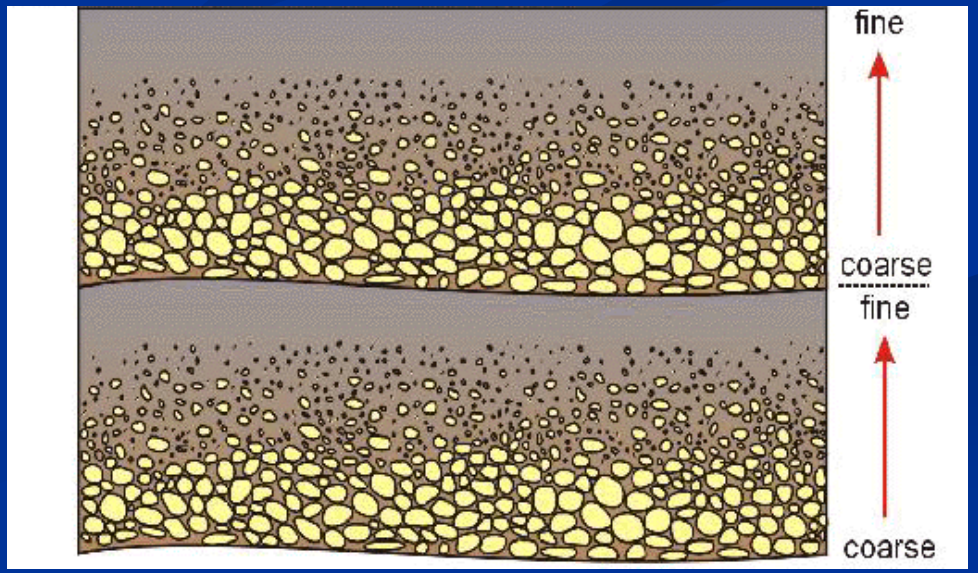
درصد تخلخل در انواع سنگ های اصلی

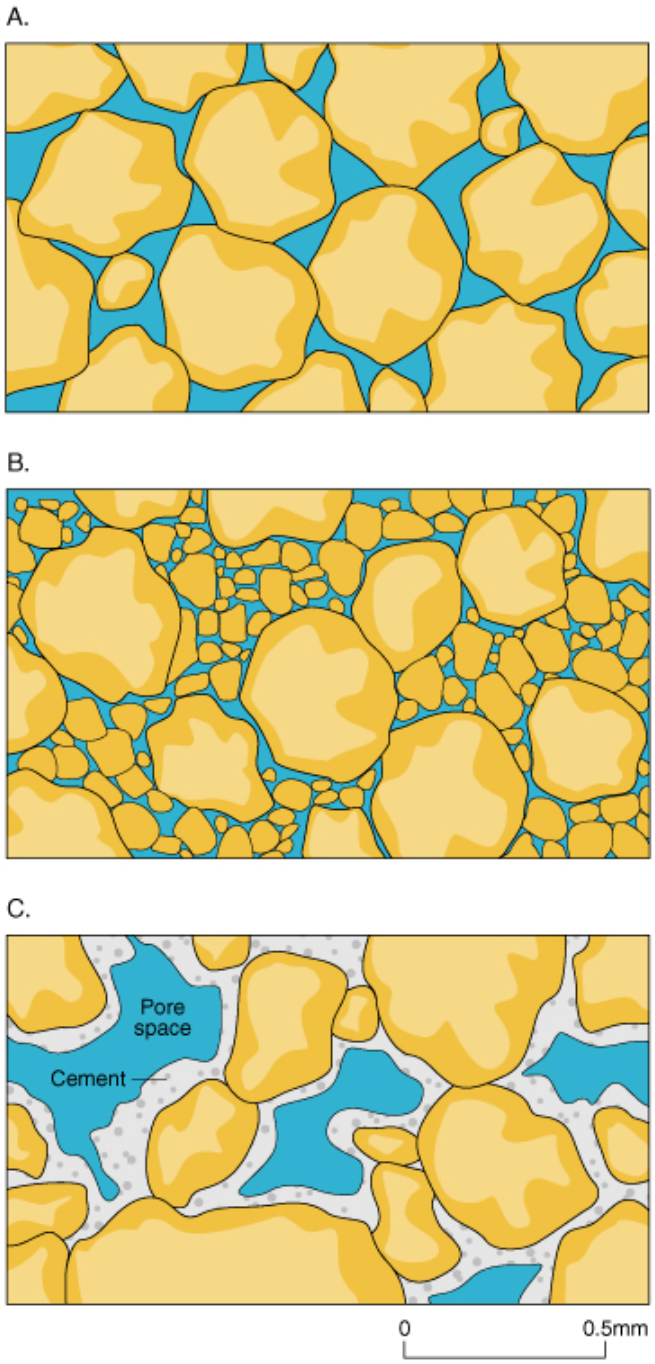


عوامل مؤثر بر تخلخل در سنگ ها

۱. شکستگی ها
۲. هوا زدگی
۳. انحلال
۴. بافت سنگ







Copyright 2000 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

Porosity in sediments

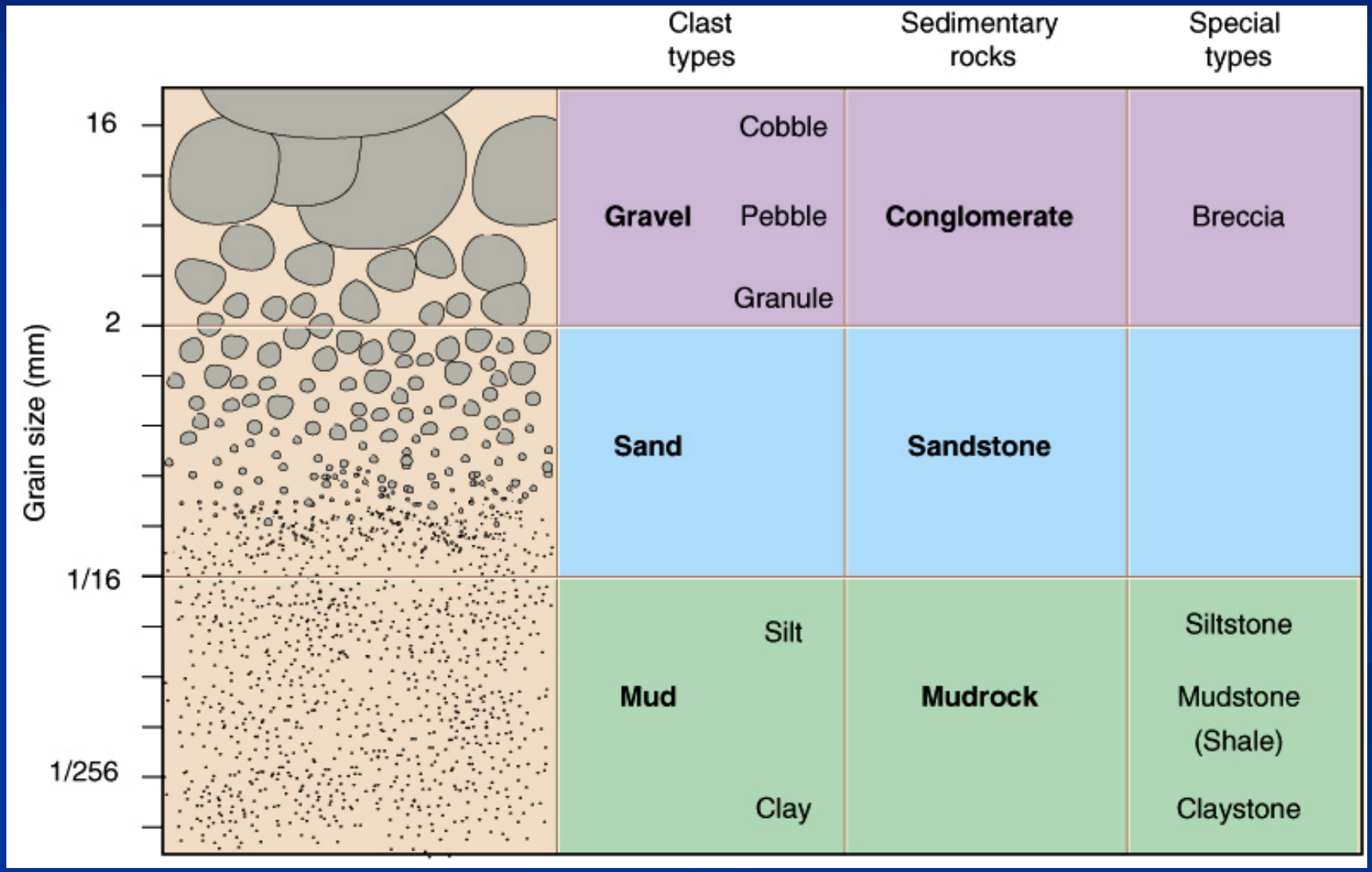
A. 30% porosity in well-sorted sediment

B. 15% porosity in poorly sorted sediment

C. low porosity in well-sorted, cemented sediment

عوامل مؤثر بر تخلخل در رسوبات سخت نشده

۱. درجه جور شدگی ۲. شکل دانه ها ۳. آرایش دانه ها



2

درصد اشباع و نسبت فضای خالی

- درصد اشباع (Saturation percentage or Saturation ratio = s)

$$s = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

- نسبت فضای خالی (Void ratio = e)

$$e = \frac{V_v}{V_s} \times 100$$

3

مقدار رطوبت خاک

Water Content w (100%)

$$w = \frac{Mass\ of\ water\ (W_w)}{Mass\ of\ soil\ solids\ (W_s)} \cdot 100\%$$

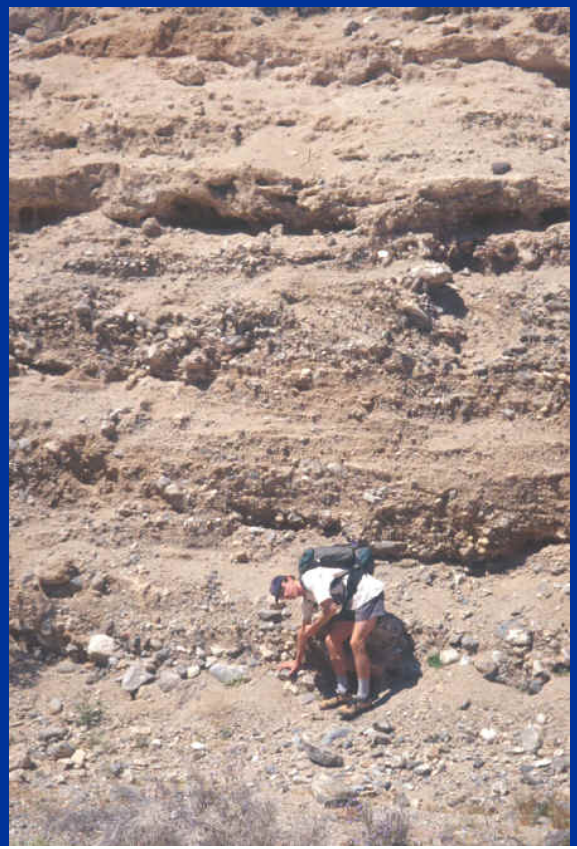
Degree of Saturation S (given in percent 100%, 65%)

$$S = \frac{Total\ volume\ of\ voids\ contains\ water\ (V_w)}{Total\ volume\ of\ voids\ (V_v)} \times 100\%$$

4

دانه بندی رسوبات

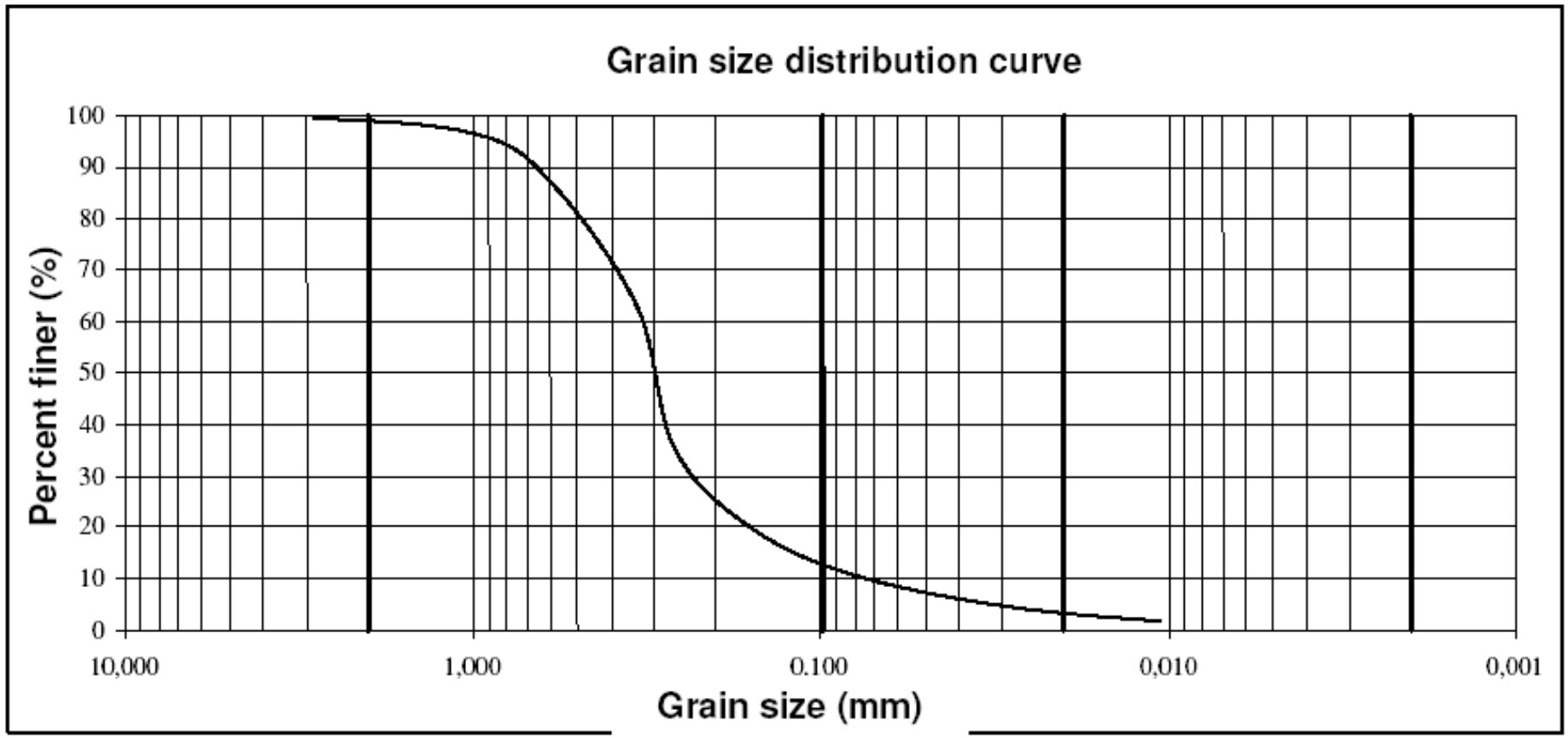
تجزیه و تحلیل اندازه دانه های رسوبی در مطالعات هیدرولوئوژی اهمیت زیادی دارد و به وسیله آن یکی از شرایط فیزیکی محیط های متخلخل را می توان مشخص کرد. برای این کار منحنی دانه بندی رسوبات را رسم می کنیم.



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \frac{D_{30}^{\ 2}}{D_{60} \times D_{10}}$$

اندازه موثر	D_{10}
ضریب یکنواختی	Cu
ضریب خمیدگی	Cc



دانه بندی رسوبات و کاربرد آن در مطالعات آبهای زیرزمینی

1. در تهیه ستون زمین شناسی (لوگ حفاری) چاه ها
2. در انتخاب لوله های مشبک مناسب (Screen)
3. در تعیین مواد مناسب برای صافی شنی (Gravel packing)
4. در تعیین نفوذ پذیری مواد تشکیل دهنده سفره آبهای زیرزمینی (k).

$$k = cd^2$$

5. برای محاسبه عدد رینولد به منظور تعیین نوع جریان از نظر خطی یا آشفته بودن.
6. در بررسی های مکانیک خاک و زمین شناسی مهندسی

5

نگهداشت ویژه یا مخصوص (Sr) : Specific retension

حجم آبی که بصورت هیگروسکپی در مواد نگهداری می شود .

$$S_r = \frac{V_r}{V_t} \times 100$$

V_r: حجمی که توسط آب نگهداری شده اشغال شده است.

V_t: حجم کل نمونه

6

آبدهی ویژه یا مخصوص (Specific yield) یا تخلخل موثر- Sy

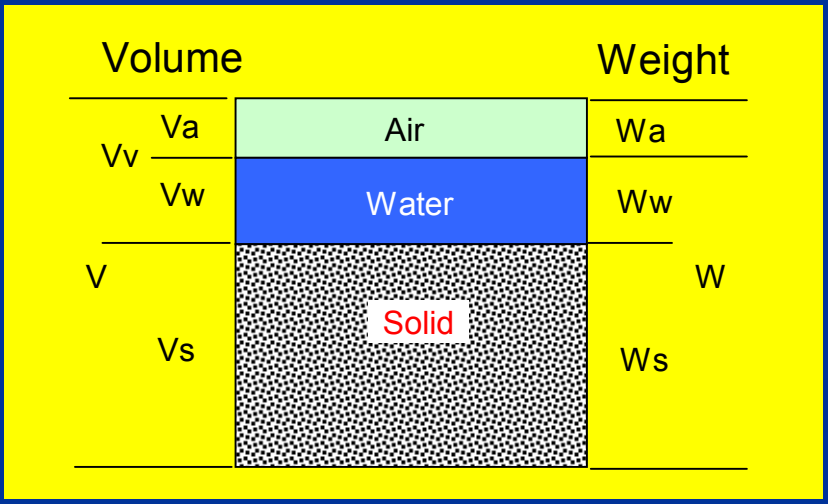
عبارت است از نسبت در صد حجم آبی که می توان از یک نمونه اشباع از آب بر اثر نیروی گرانی خارج شود(Vy) به حجم کل آن نمونه .

$$S_y = \frac{V_y}{V_t} \times 100$$

$$V_r + V_y = V_v$$

V_y : مقدار آب زهکشی شده

V_r : حجم آب نگهداشته شده



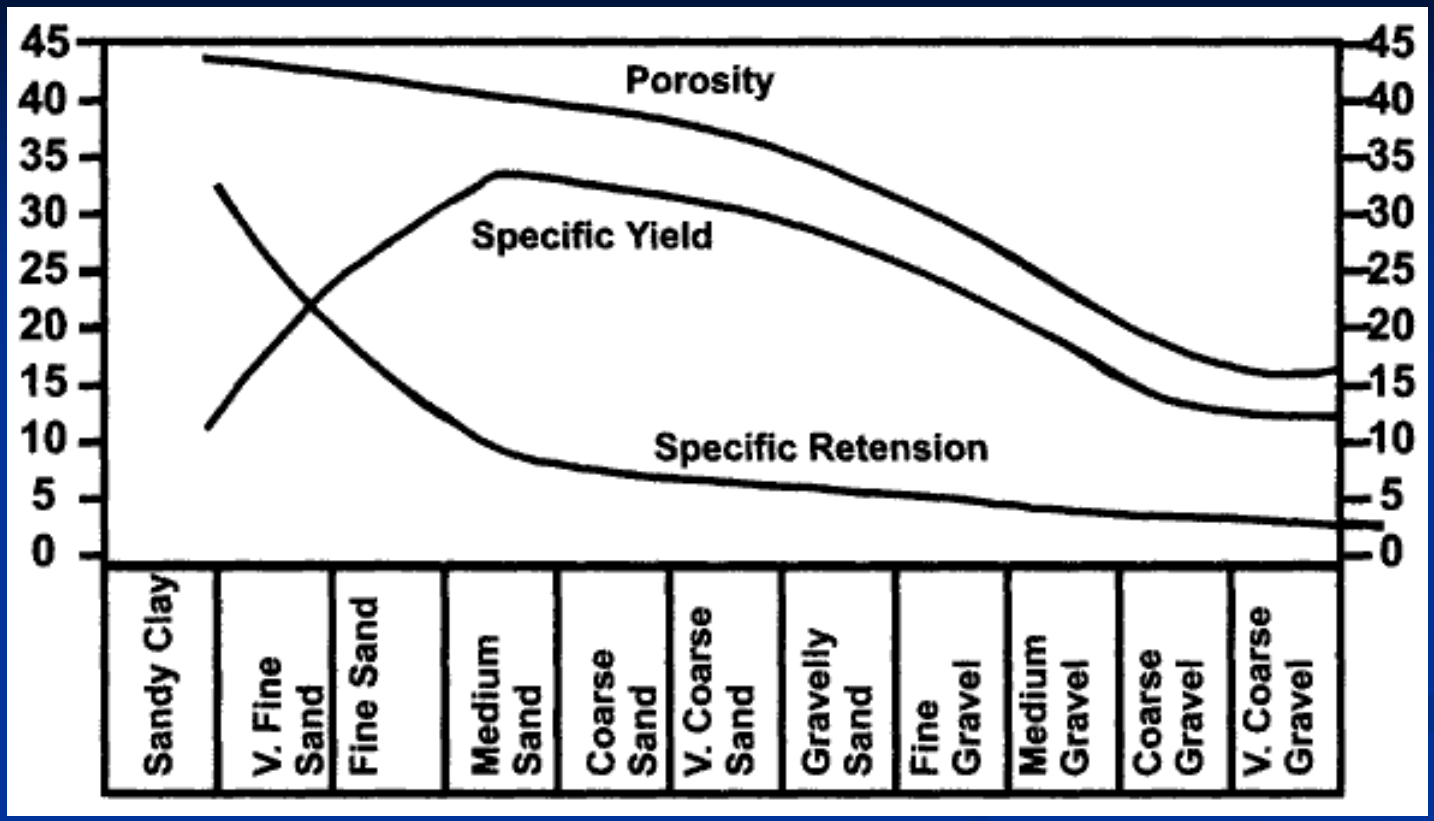
$$n = S_y + S_r$$

مثال:

از یک متر مکعب خاک اشباعی با تخلخل کل 22 درصد، 0.1 متر مکعب آب خارج شده است. مقدار آب نگهداشته شده چقدر است.

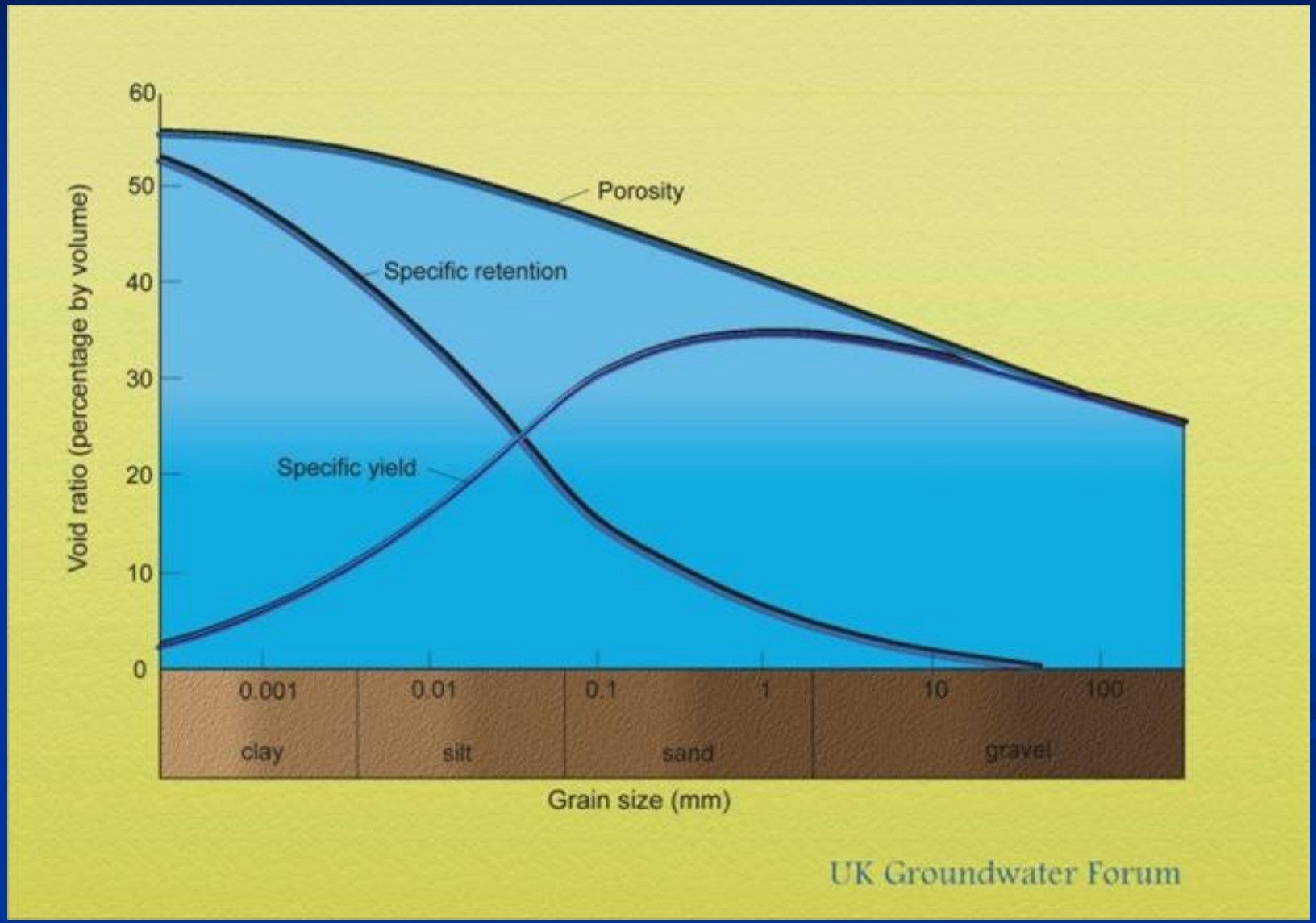
Table 3.3 Ranges of Values of [redacted] [Adapted from Anderson and Woessner (1992)]

Material Class	Material	No. of Analysis	Range	Arithmetic Mean
Sedimentary	Clay	27	0.01–0.18	0.06
	Silt	299	0.01–0.39	0.20
	Sand (fine)	287	0.01–0.46	0.33
	Sand (Med)	297	0.16–0.46	0.32
	Sand (Coarse)	143	0.18–0.43	0.30
	Gravel (fine)	33	0.13.–-0.40	0.28
	Gravel (med)	13	0.17–0.44	0.24
	Gravel (coarse)	9	0.13–0.25	0.21
	Siltstone	13	0.01–0.33	0.12
	Sandstone (fine)	47	0.02–0.40	0.21
	Sandstone (med)	10	0.12–0.41	0.27
	Limestone	32	0–0.36	0.14
Wind Deposits	Loess	5	0.14–0.22	0.18
	Eolian Sand	14	0.32–0.47	0.38
Metamorphic	Schist	11	0.022–0.033	0.026
Igneous	Tuff	90	0.02–0.47	0.21



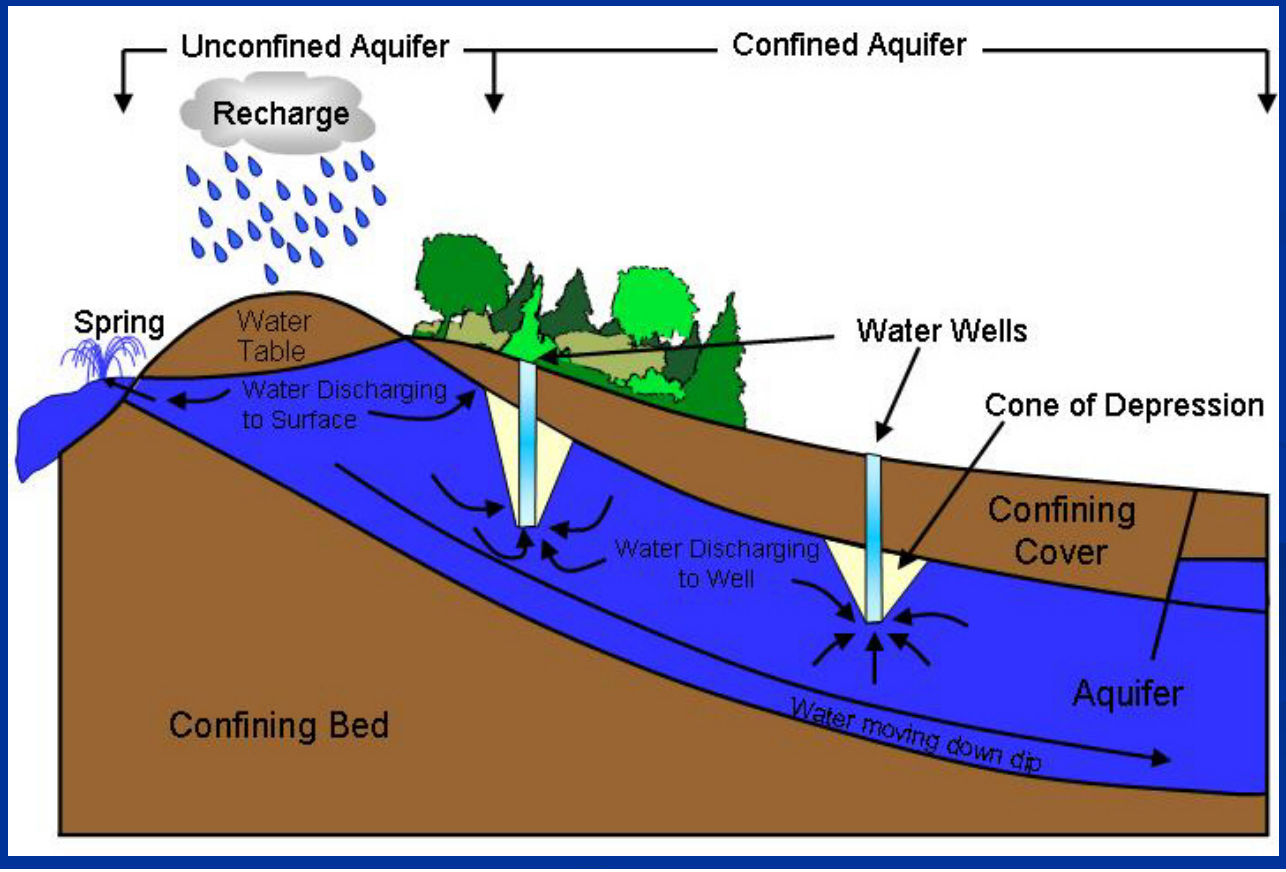
سطح جانبی با اندازه دانه ها نسبت عکس دارد. در نتیجه ذرات درشتتر آب کمتری را می توانند به علت کشش سطحی نگهدارند، لذا با درشت تر شدن ذرات آبدهی ویژه بیشتر می شود؛ اما در رسوبات خیلی درشت مثل ماسه های درشت دانه و شن این روند معکوس است و آبدهی ویژه کاهش می یابد و تابع تخلخل خاک می شود

مقایسه تخلخل ، نگهداشت مخصوص و آبدهی ویژه رسوبات



آبدهی لایه های آبدار تحت فشار عمدتاً نتیجه مکانیسمهای زیر است

۱. تراکم یا فشردگی لایه آبدار و لایه های محصور کننده
۲. نشت از لایه های آبدار دیگر
۳. زهکشی از منافذ لایه آبدار در محل بیرون زدگی خود در سطح زمین



ضریب ذخیره Specific storage

حجم آبی است که از واحد سطح افقی سفره ، به ازای واحد افت سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک می تواند آزاد کند. ضریب ذخیره همان آبدهی ویژه یا تخلخل مؤثر در سفره های آزاد است.این ضریب بدون بعد است ولی ضریب ذخیره ویژه از تقسیم ضریب ذخیره به عرض سفره (b) بدست می آید و دیمانسیون آن L^{-1} است .

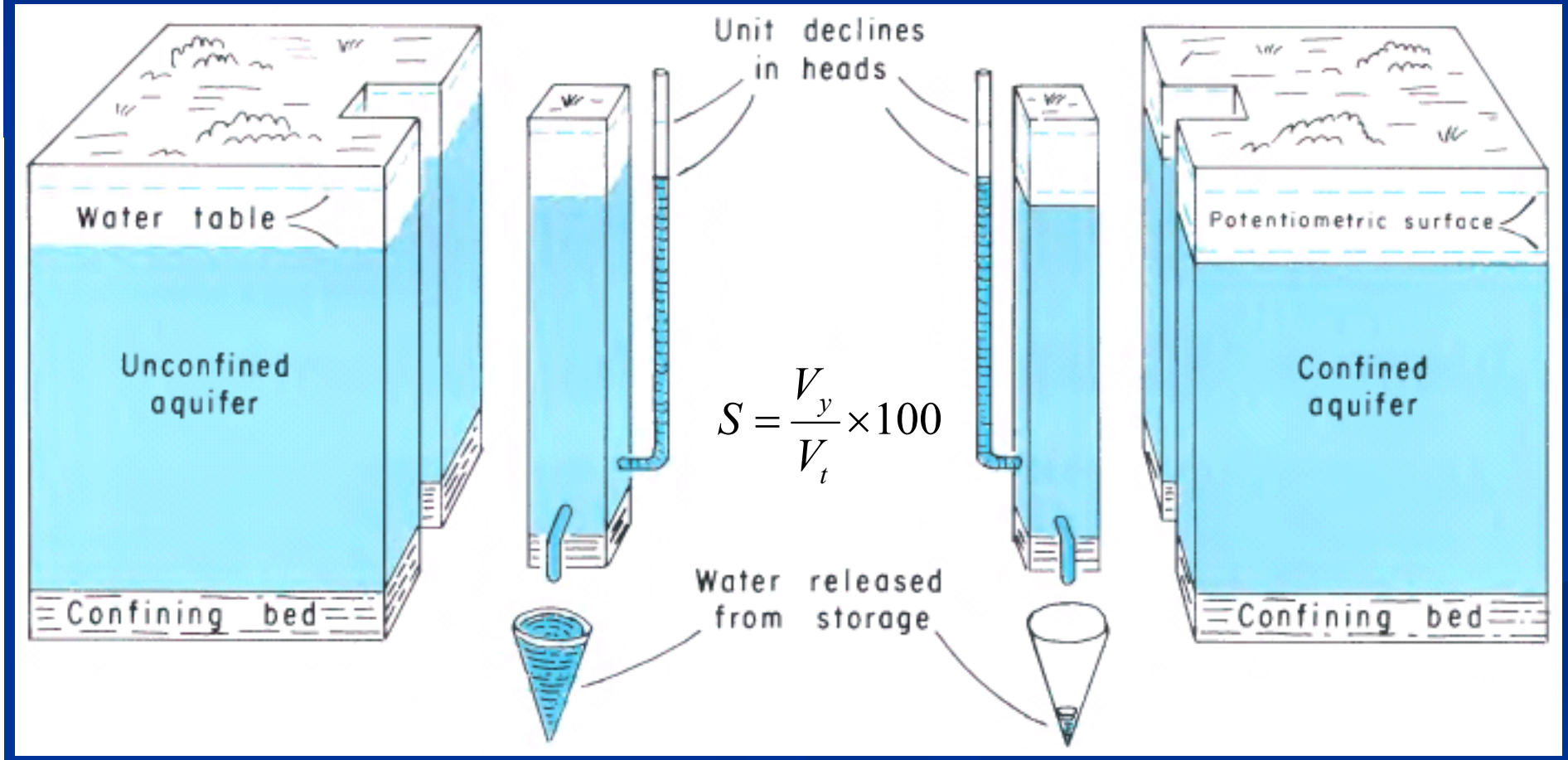
$$S = \frac{V_y}{V_t} \times 100$$

مثال –یک لایه آبدار به مساحت سطح آب ۱۰ متر مربع و عمق آب ۲ متراگر در اثر برداشت ۴ متر افت نماید ، ضریب ذخیره آن چقدر است .

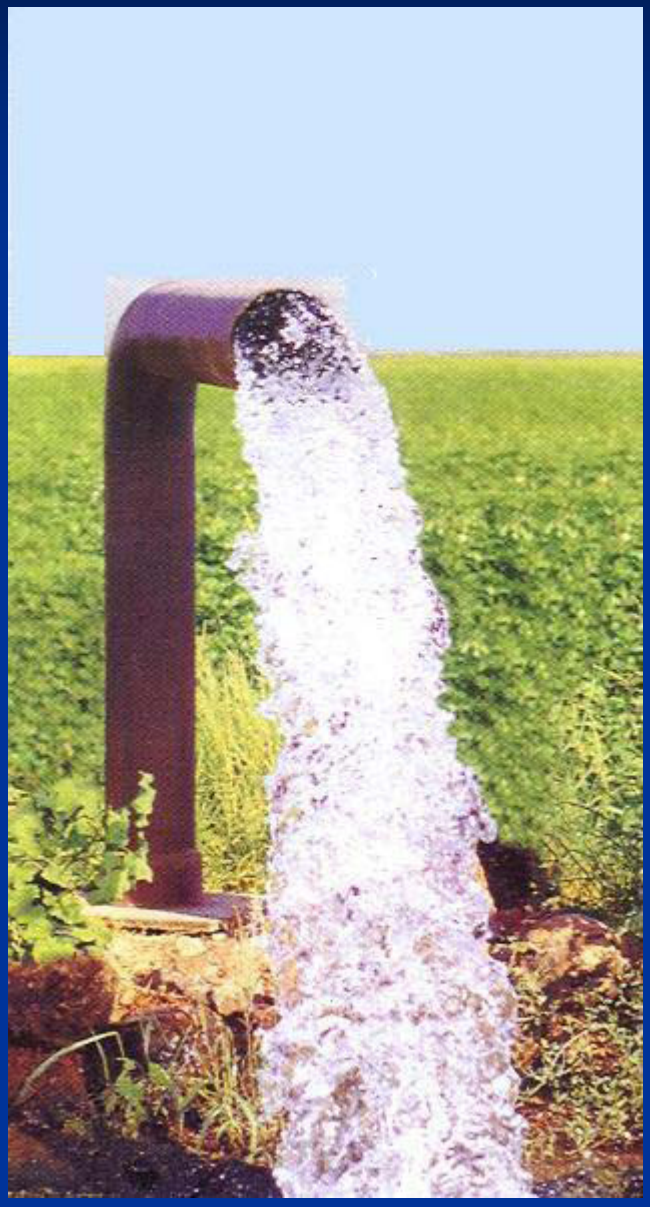
جواب ۲۰ ٪

ضریب ذخیره

در سفره تحت فشار ضریب ذخیره بین 0.005 تا ۰/۰۰۰۰۵ است. ضریب ذخیره به تخلخل ، تراکم و عمق آبخوان موثر است .



آبدهی مجاز یا قابل اطمینان

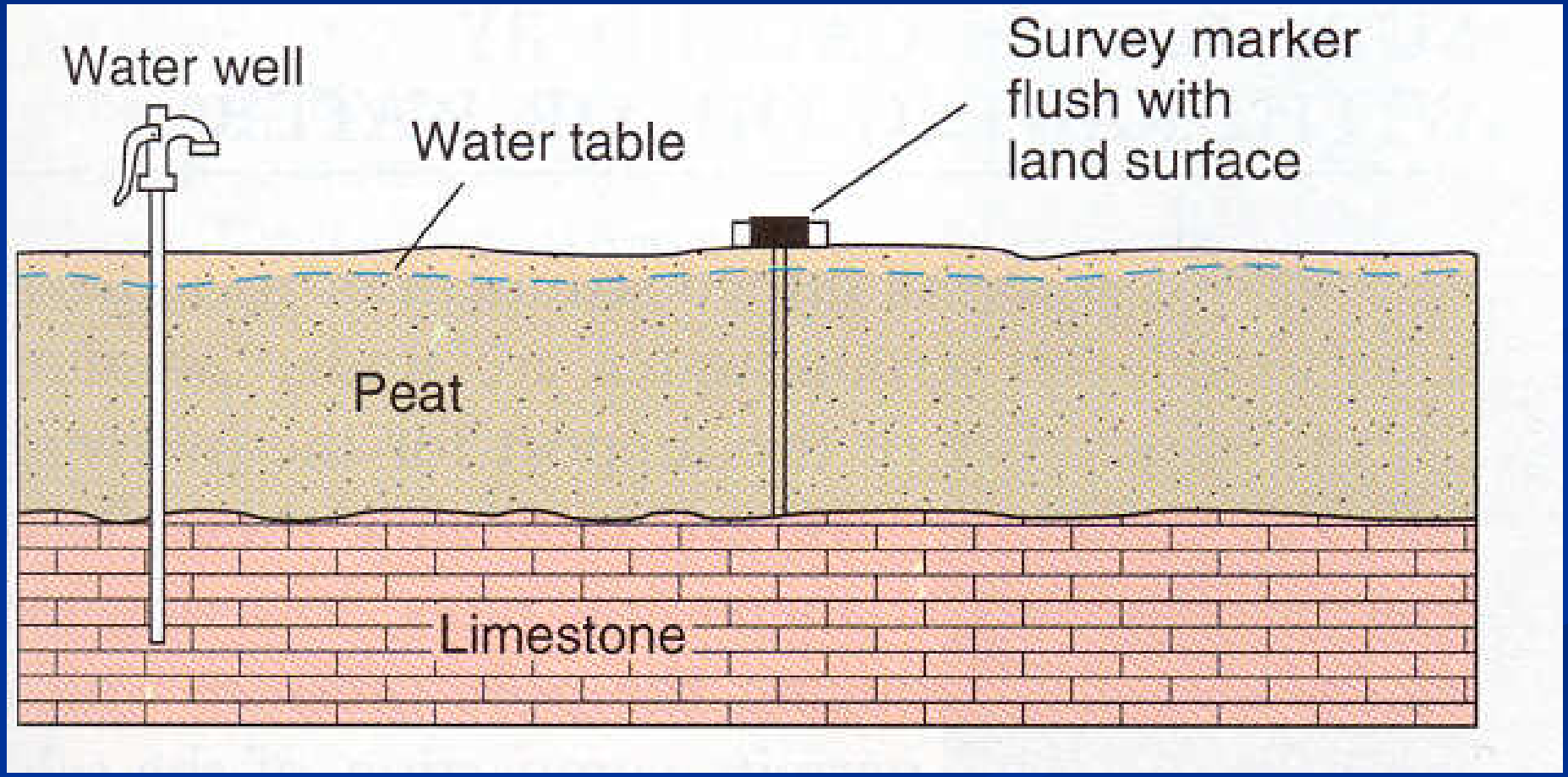


مقدار آبی است که سالانه می توان از آب زیر زمینی برداشت کرد بدون آنکه نتیجه نا مطلوبی به بار آورد. همچنین در برخی از موارد آبدهی مجاز آبدهی قابل برداشت با توجیه اقتصادی تعریف می شود.

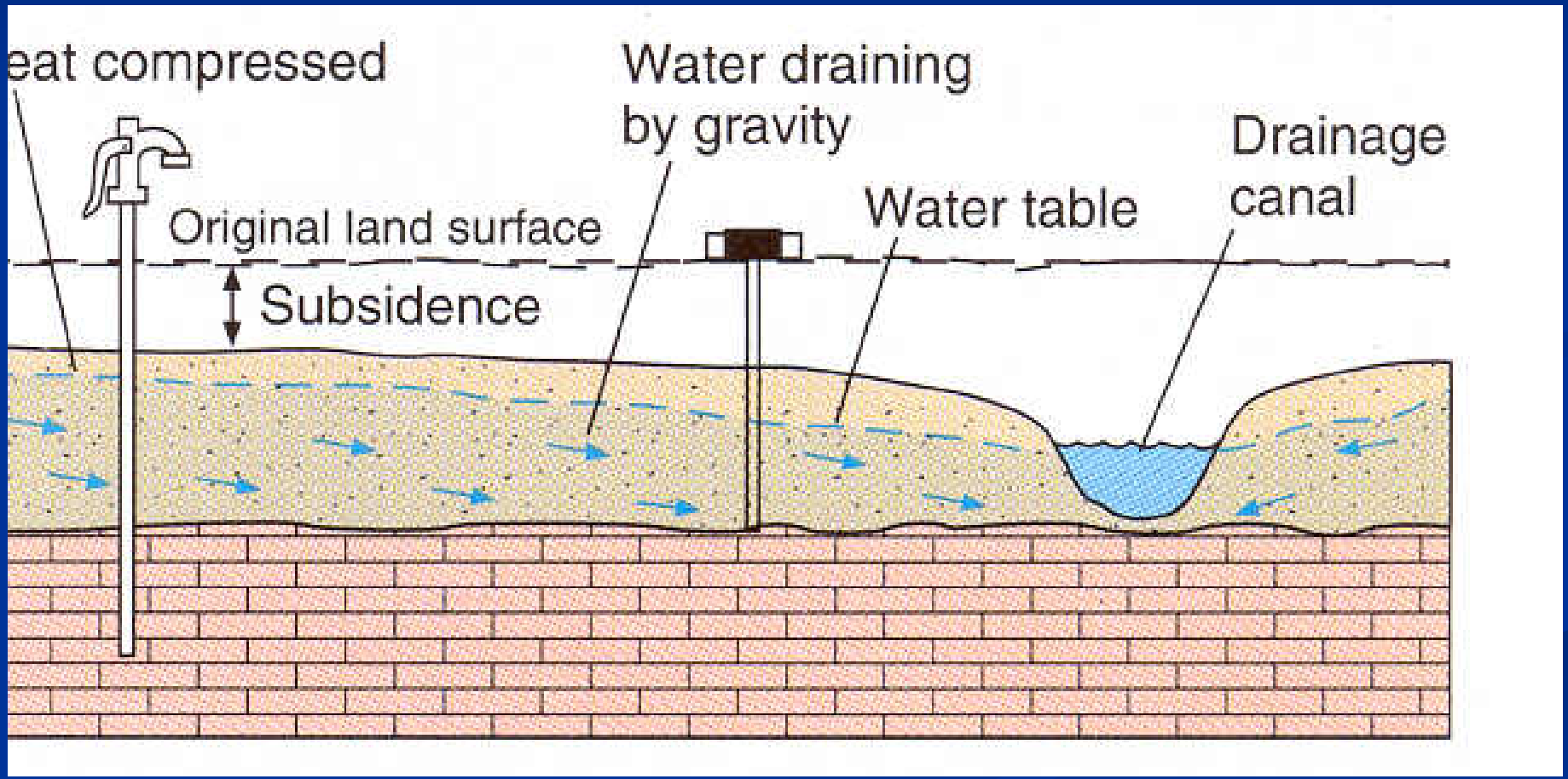
آثار نامطلوبی که ممکن است در اثر آبدهی غیر مجاز بوجود آید شامل موارد زیر است:

۱. افت غیر قابل جبران سطح آب زیرزمینی
۲. نفوذ آب شور دریا
۳. فرونشست سطح زمین
۴. ترک خوردن خاک و سازه های روی آن
۵. نفوذ آب از مناطق و آبخوان های مجاور وخالی شدن آبخوان از آب.

Subsidence in areas having organic soils



Subsidence in areas having organic soils

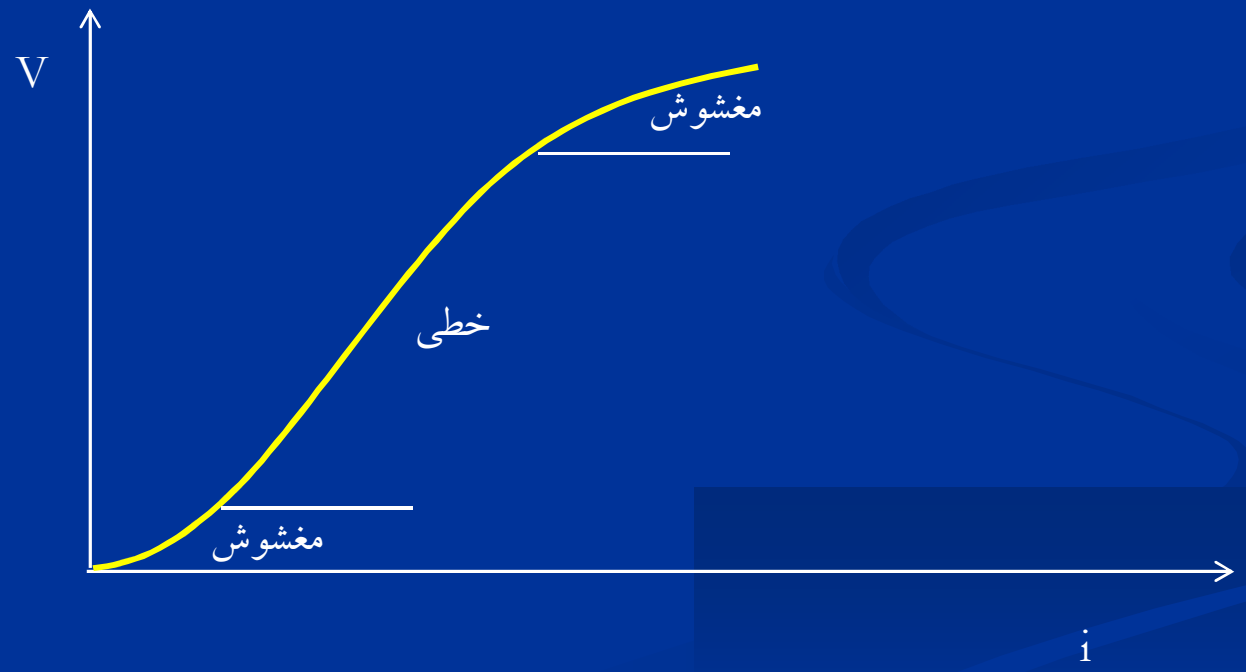


نفوذپذیری (K)

در سال ۱۸۵۶ دارسی رابطه زیر را ارائه نمود .

$$V \approx i \Rightarrow V = Ki \Rightarrow K = \frac{V}{i}$$

قانون دارسی



(a) Henry Darcy in 1821 ; (b) Henry Darcy in the later years of life

$$K_i = \frac{K\mu}{\gamma g}$$

نفوذپذیری (K)

Permeability

نفوذپذیری توانایی یک محیط متخلخل را برای عبور دادن آب نشان می دهد. مقدار ضریب نفوذپذیری در رسوبات و سنگها به اندازه و تعداد فضاهای خالی و نحوه ارتباط آنها با هم بستگی دارد .

$K_i = \frac{K\mu}{\gamma g}$

Permeability

نفوذپذیری (K)

Hydraulic conductivity

اما هدایت هیدرولیکی سرعت حرکت آب در یک محیط متخلخل است از آنجا که در اعماق پایین آب گرم و شور می شود و غلظت آن بالا می رود و یا اینکه با نفت و گاز ترکیب می شود و دیگر گرانروی ثابتی ندارد و در اینجا از مفهوم نفوذپذیری ذاتی(K_i) استفاده می شود.

$$K_i = \frac{K\mu}{\gamma g}$$

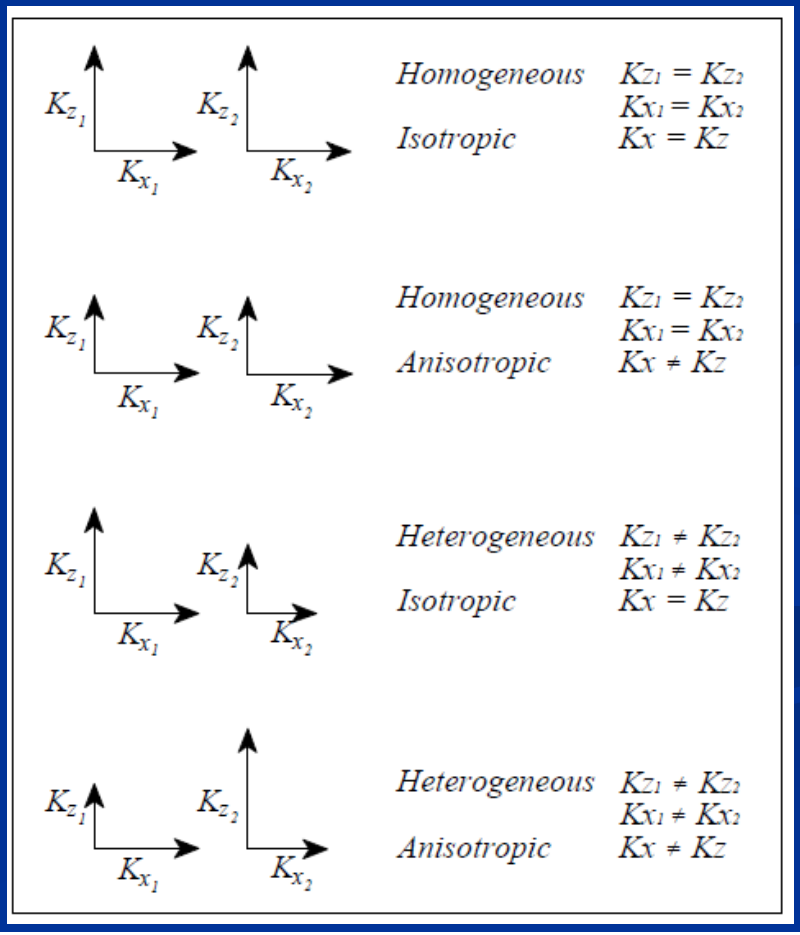
Intrinsic Permeability

که درآن K هدایت هیدرولیکی، μ گرانروی دینامیکی یا لزجت مایع، γ دانسیته سیال و g شتاب ثقل است. دیمانسیون K_i برابر L^2 و لذا واحد آن برحسب cm^2 است.

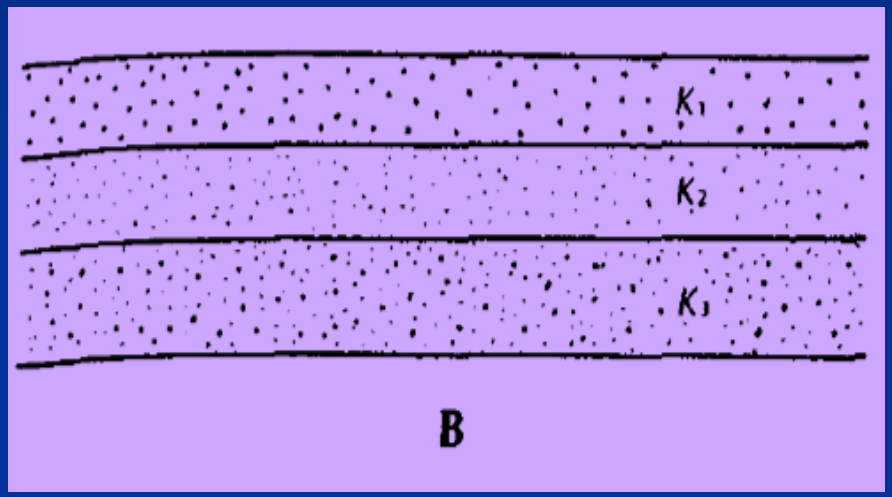
Description of *K* in geologic formation

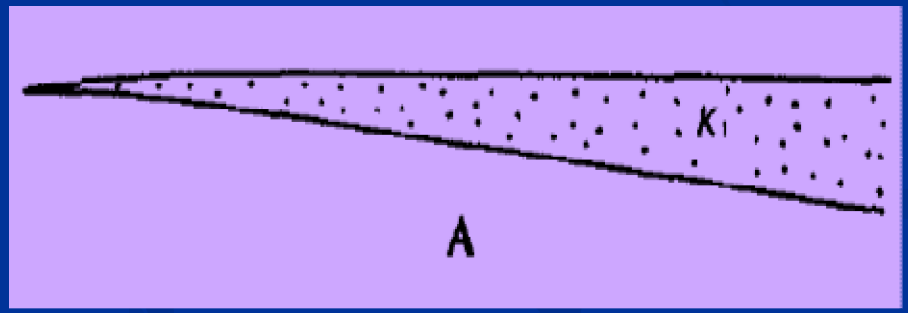
محیط آبخوان از لحاظ خصوصیات مواد زمین(سنگ و خاک) و رفتار به همسان وناهمسان و همروند و ناهمروند تقسیم می شوند.همسانی یعنی اینکه مواد در تمام **موقعیت ها** دارای خصوصیات برابر باشند(شکل).همروندی یعنی اینکه در تمام **جهات** خصوصیات مواد باهم برابر باشد.

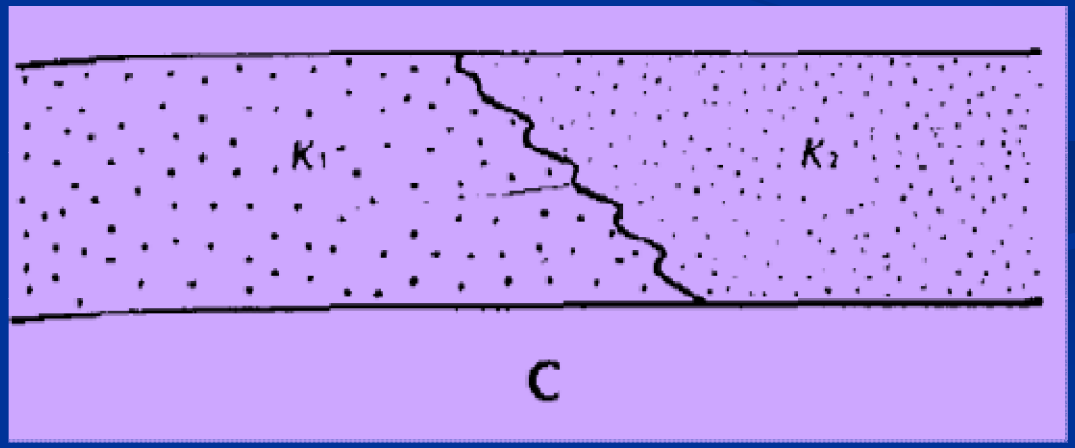
Homogeneous
Isotropic

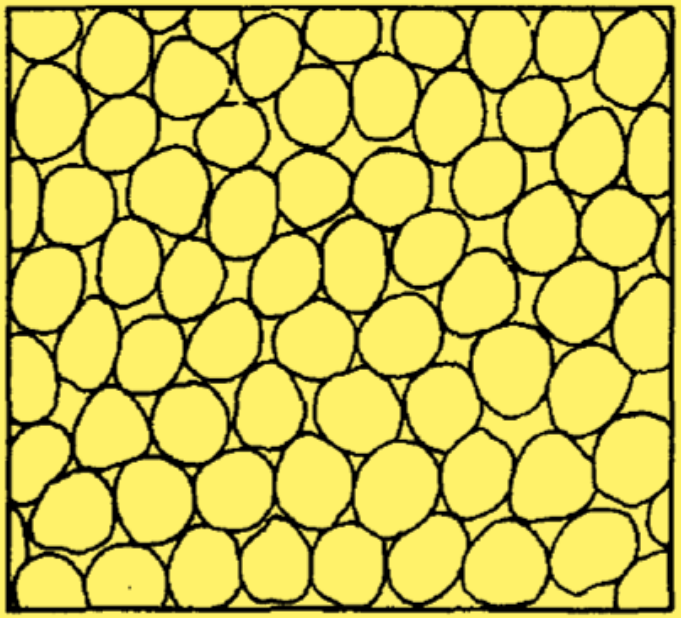


A.سازند ناهمسان شامل یک رسوب با ضخامت گوه ای
B. سازند ناهمسان شامل سه لایه با رسوبات متفاوت و هدایت هیدرولیکی متغیر
C. سازند ناهمسان شامل رسوباتی با هدایت هیدرولیکی متفاوت در امتداد طولی
(فیتر،۲۰۰۱)

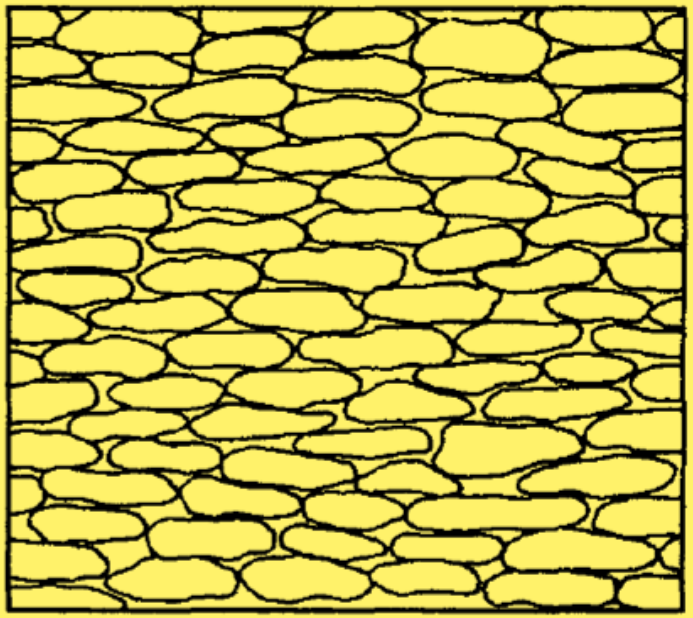






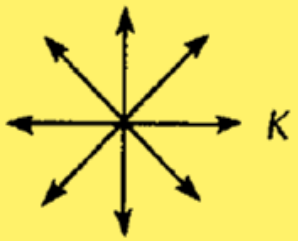


A

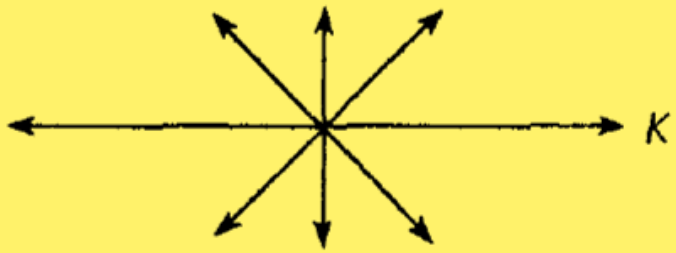


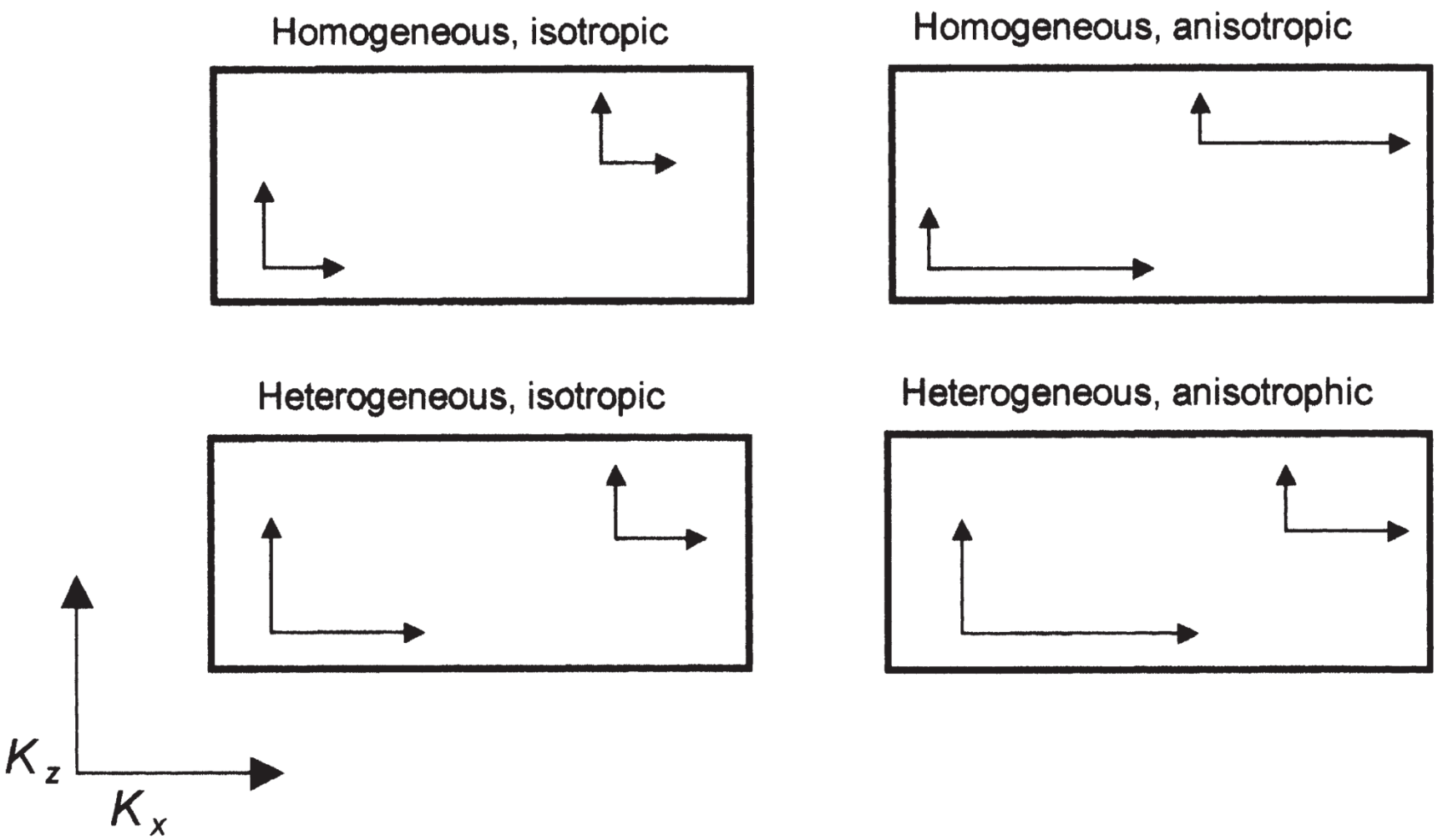
B

Isotropic

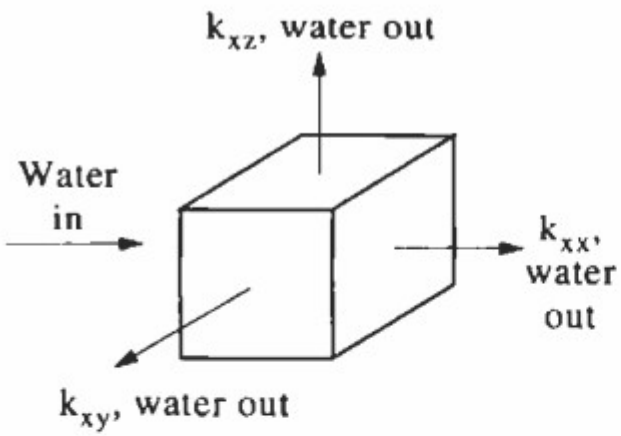


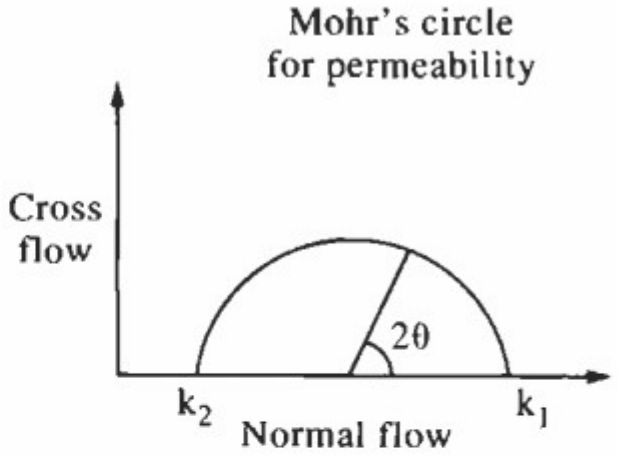
Anisotropic




Homogeneous, isotropic
Homogeneous, anisotropic
Heterogeneous, isotropic
Heterogeneous, anisotrophic
K_z
K_x

Darcy's Law in Three Dimensions





$$\begin{bmatrix} k_{xx} & k_{xy} & k_{xz} \\ k_{yx} & k_{yy} & k_{yz} \\ k_{zx} & k_{zy} & k_{zz} \end{bmatrix}$$

General permeability matrix with respect to x,y,z axes

$$\begin{bmatrix} k_1 & 0 & 0 \\ 0 & k_2 & 0 \\ 0 & 0 & k_3 \end{bmatrix}$$

Principal permeabilities, no cross flow

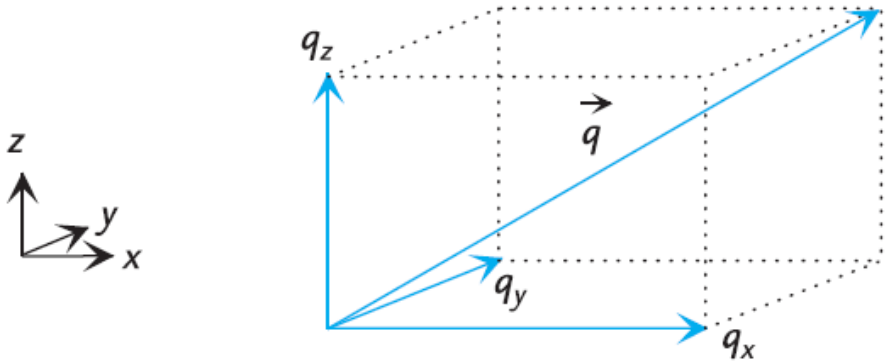
Darcy's Law in Three Dimensions

$$q_x = -K_{xx}\frac{\partial h}{\partial x} - K_{xy}\frac{\partial h}{\partial y} - K_{xz}\frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_y = -K_{yx}\frac{\partial h}{\partial x} - K_{yy}\frac{\partial h}{\partial y} - K_{yz}\frac{\partial h}{\partial z}$$

$$q_z = -K_{zx}\frac{\partial h}{\partial x} - K_{zy}\frac{\partial h}{\partial y} - K_{zz}\frac{\partial h}{\partial z}$$

Total specific discharge vector q and its components qx, qy, and qz



$$|\vec{q}| = \sqrt{q_x^2 + q_y^2 + q_z^2}$$

$$K = \begin{Bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{xz} \\ K_{yx} & K_{yy} & K_{yz} \\ K_{zx} & K_{zy} & K_{zz} \end{Bmatrix}$$

Principal components of **K**

Measuring Hydraulic Conductivity

1. تخمین مقدار ضریب نفوذپذیری از طریق جداول موجود
2. محاسبه مقدار ضریب نفوذپذیری از طریق فرمول های تجربی
3. تعیین مقدار ضریب نفوذپذیری با روش های آزمایشگاهی
4. تعیین مقدار ضریب نفوذپذیری با روش های ردیابی
5. تعیین مقدار ضریب نفوذپذیری با آزمایش اوگر
6. تعیین مقدار ضریب نفوذپذیری با آزمایش پمپاژ چاه ها
7. تعیین مقدار ضریب نفوذپذیری بکمک مدل های ریاضی آبهای زیرزمینی

$$K = C \quad d_{10}^2$$

where K Hydraulic conductivity [m/s]
d_{10} 10 percent grain fraction [mm]
C factor ($120\ 10^{-4} > C > 60\ 10^{-4}$).

It should be mentioned here that already in 1880 Seelheim developed an empirical formula, which relates K to the median grain-size d_{50} as follows (6):

$$K = 0.00357 \quad d_{50}^2 \qquad (6)$$

The US Bureau of Soil Classification recommends (after Mallet and Pacquant, 1954):

$$K = 0.0036 \quad d_{20}^{2.3} \qquad (7)$$

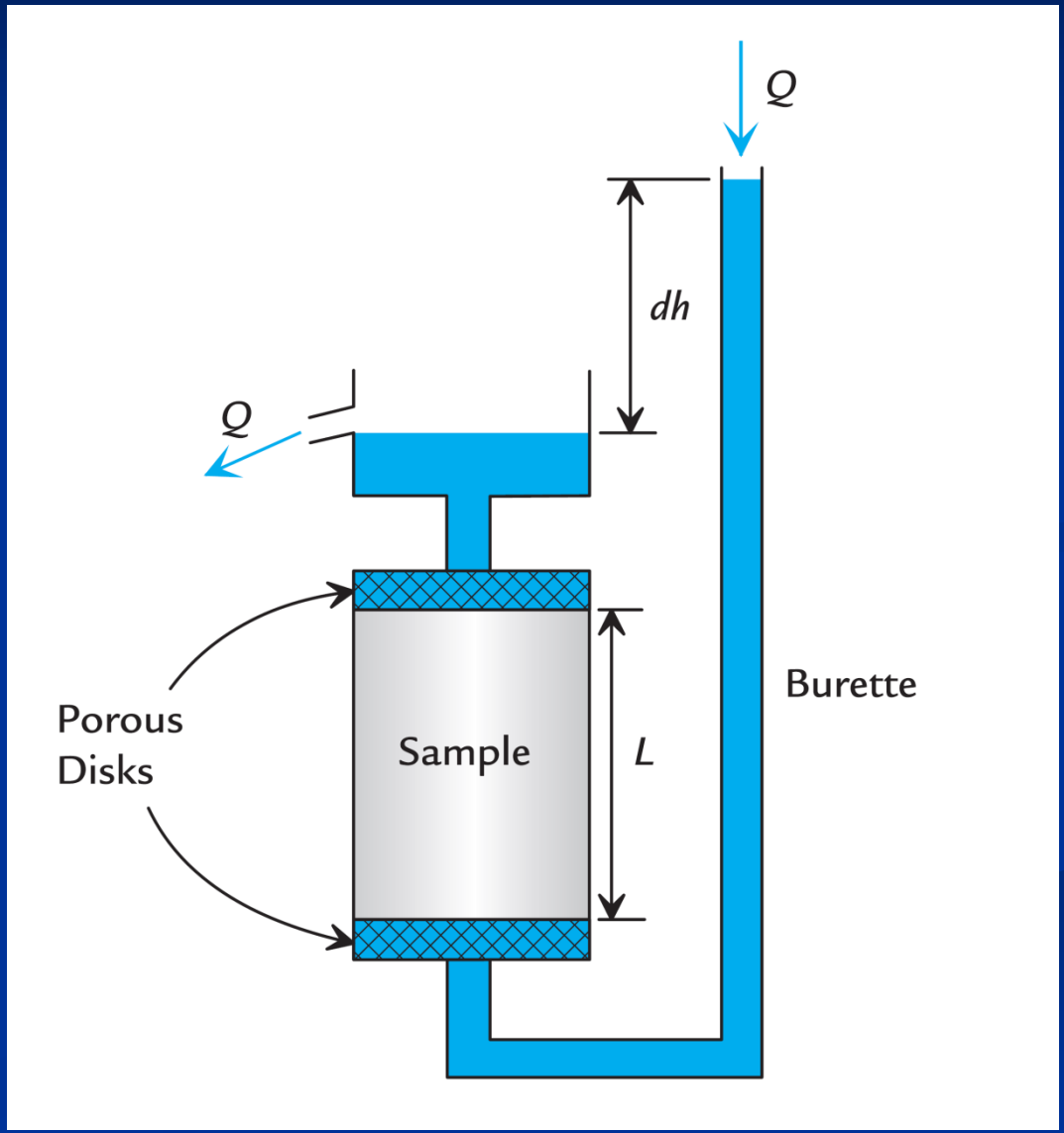
from Bear, 1972):

$$K = \frac{{}_w g}{\propto_w} \quad \frac{n^3}{(1-n)^2} \quad \frac{d_{50}^2}{180}$$

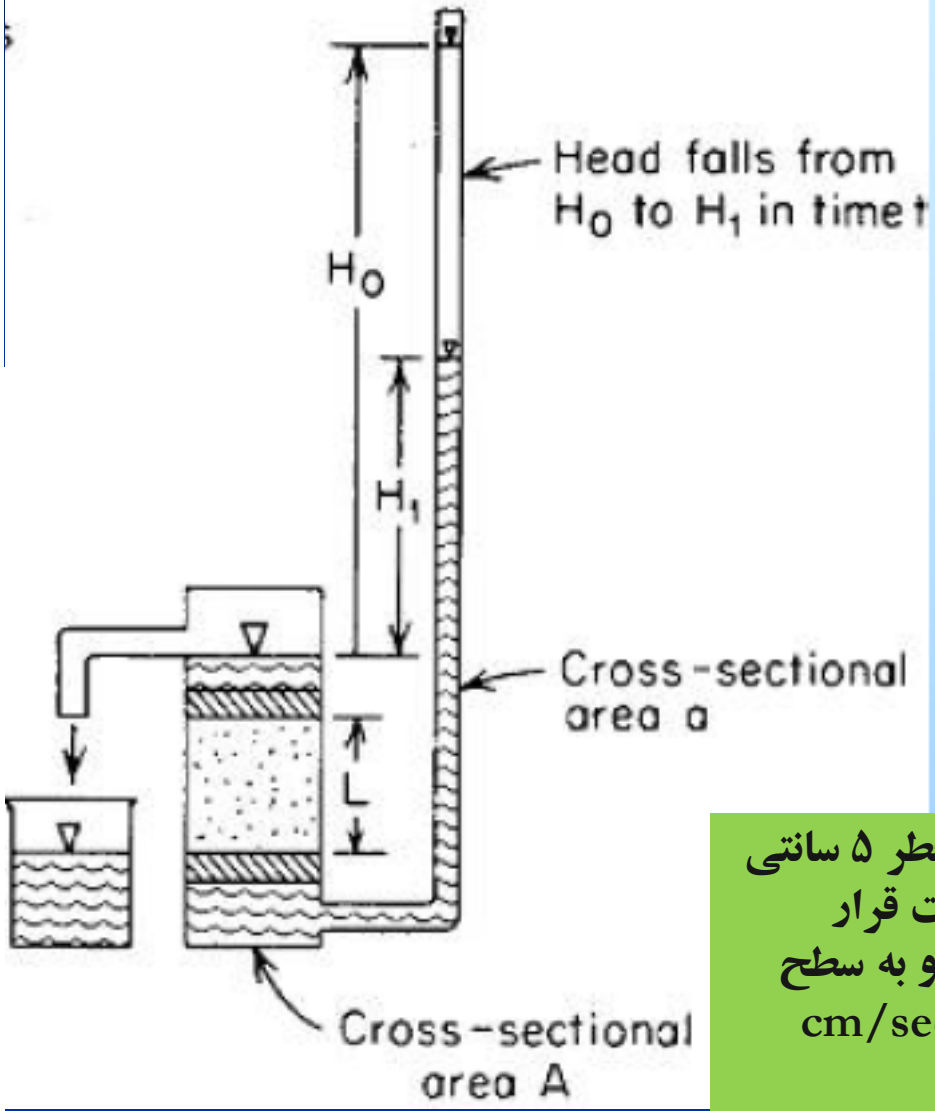
where K Hydraulic conductivity [m/s]
n porosity
d_{50} 50 percent grain fraction [m]
${}_w g$ weight density of water [N/m^3]
$\propto_w$ dynamic viscosity [N/(s m^2)].

نفوذپذیری در آزمایشگاه

$$K = \frac{QL}{Aht}$$



نفوذپذیری در آزمایشگاه



نفوذسنجهای با بار هیدرولیکی متغیر
(Falling-head permeameters)

$$Q_1 = a \times V_1 = a \times \frac{dh}{dt}$$

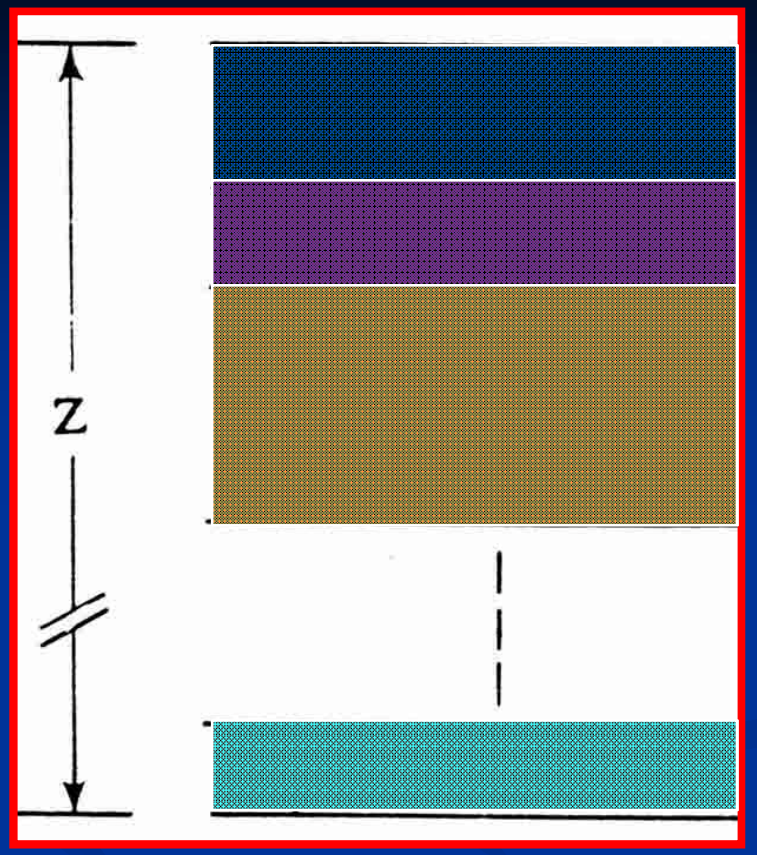
$$Q = A \times V = A \times K \times \frac{h}{L}$$

$$Q = Q_1 \Rightarrow K = \frac{a \times L}{A \times t} \log \frac{h_1}{h_2}$$

مثال : نمونه ای از یک خاک سیلتی به طول ۱۲ و قطر ۵ سانتی متر در آزمایشگاه تحت بارآبی متغیر به مدت ۱ ساعت قرار گرفته و به میزان ۴۵ سانتی متر افت هد ایجاد شده و به سطح نمونه رسیده است ؛ مقدار نفوذپذیری را بر حسب cm/sec محاسبه کنید . a=0.1A

$$K_h = \frac{\sum_{i=1}^{n} K_i Z_i}{\sum_{i=1}^{n} Z_i}$$

$$K_V = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z_i}{\sum_{i=1}^{n} \frac{Z_i}{K_i}}$$



ضریب نفوذپذیری متوسط (K) در محیطهای متخلخل چند لایه ای و ناهمگن

$$K = \sqrt{K_h \times K_v}$$

ضریب نفوذپذیری در جهت جریان در صورتیکه جهت جریان با محور X زاویه β بسازد (K_β).

$$\frac{1}{K_\beta} = \frac{\cos^2 \beta}{K_h} + \frac{\sin^2 \beta}{K_v}$$

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

Kinetic energy

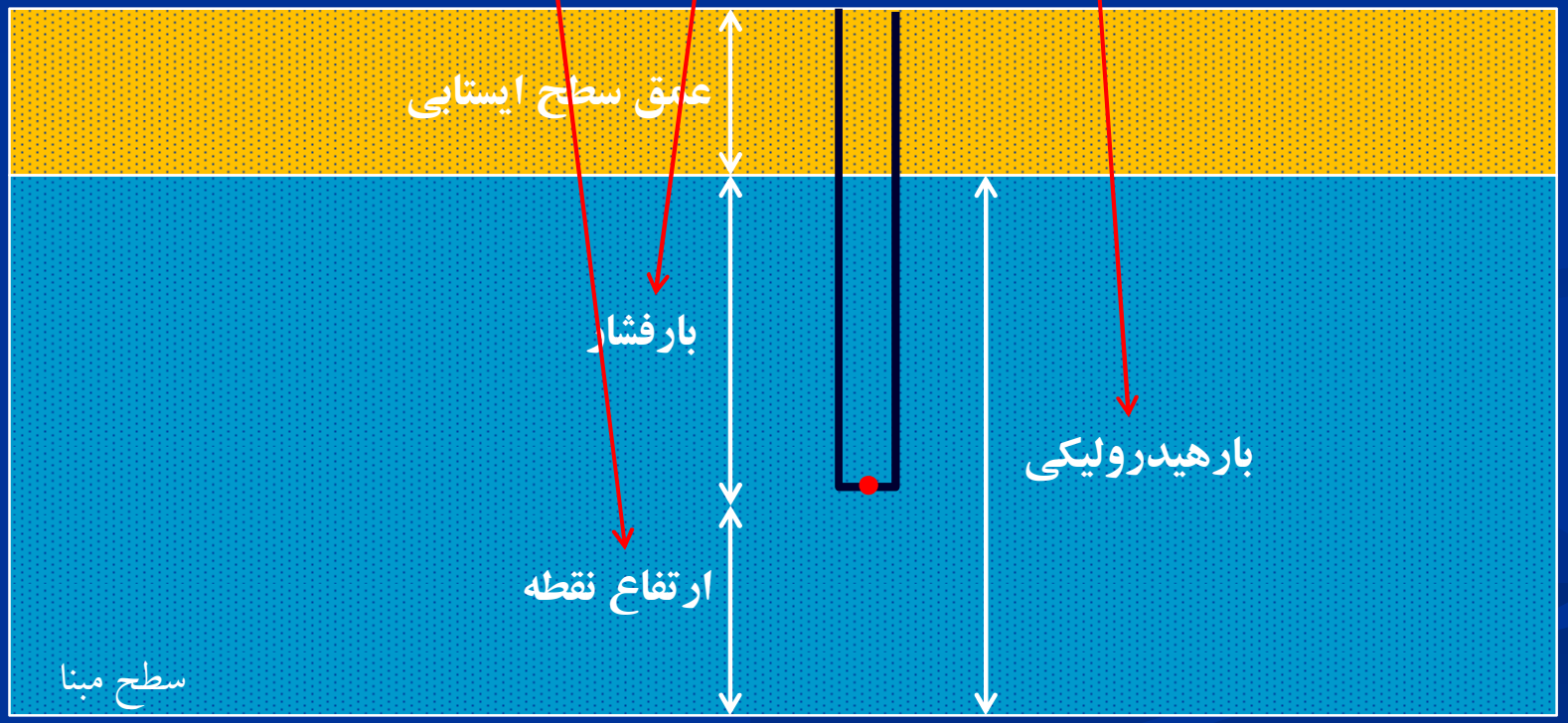
$$W = FZ = (mg)Z$$

$$P = \frac{F}{A}$$

$$E = \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g Z + P$$

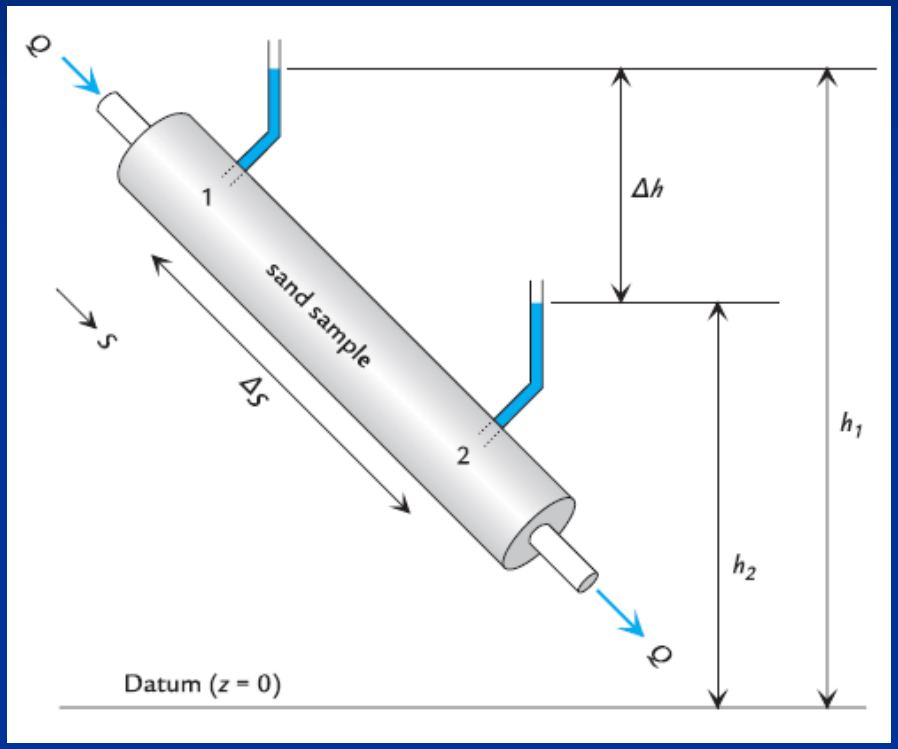
Bernoulli equation

$$\frac{V^2}{2g} + Z + \frac{P}{\rho g} = Cons\ \tan t$$



Hydraulic head is the elevation of the water table at a given point

Hydraulic gradient defines the water table slope

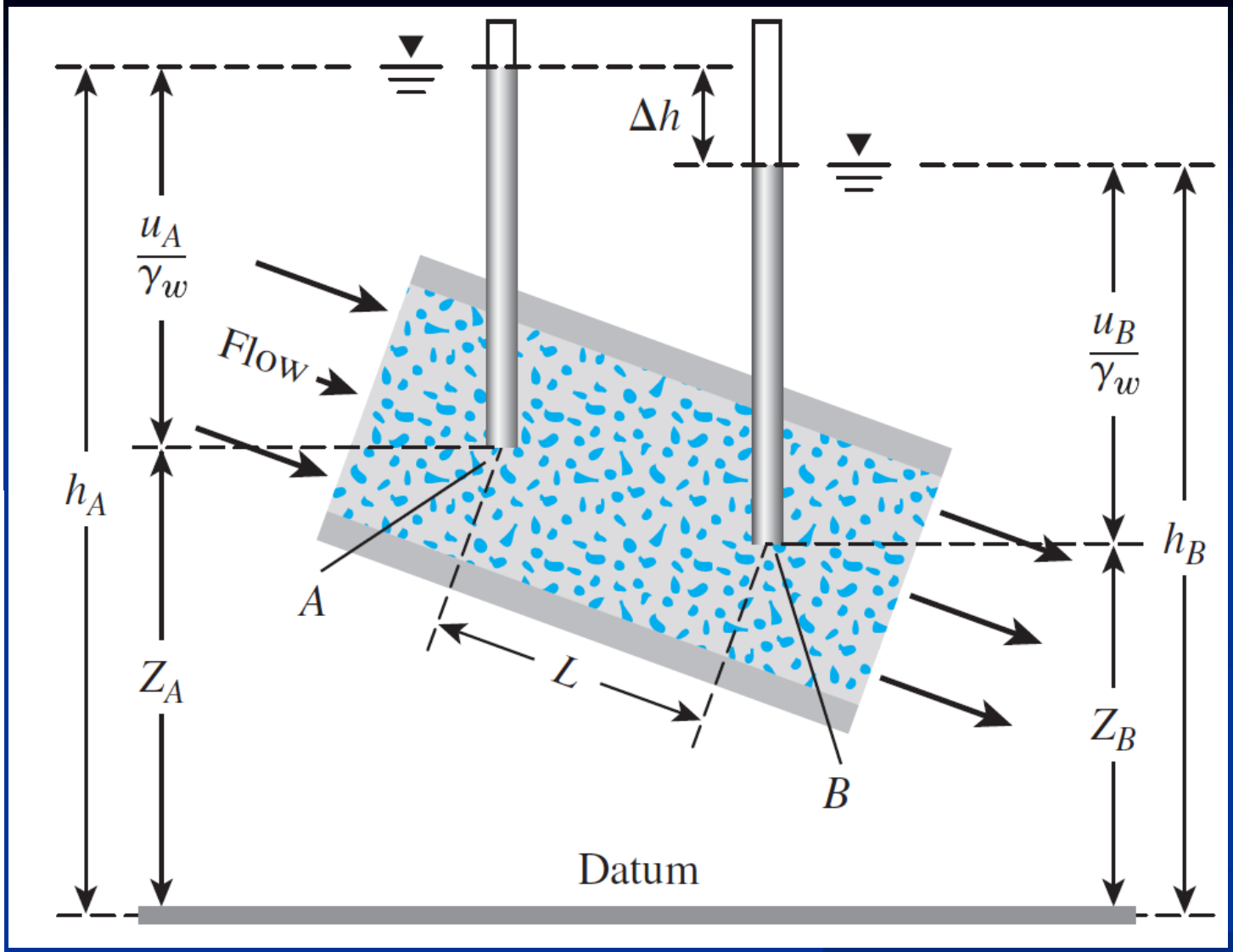


$$Q \propto \Delta h, \qquad Q \propto \frac{1}{\Delta s}$$

$$Q_s = -K_s \frac{dh}{ds} A$$

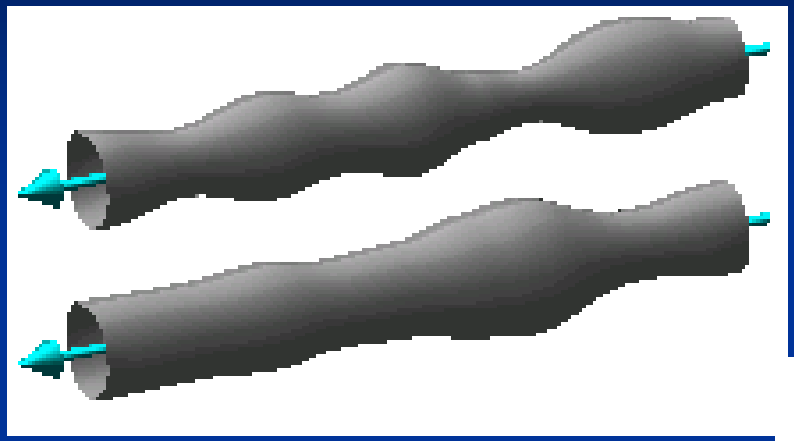
where Qs is discharge in the s direction. The constant of proportionality Ks is the hydraulic conductivity in the s direction, a property of the geologic medium.

The sign of ds/dh is negative because as s increases, h decreases



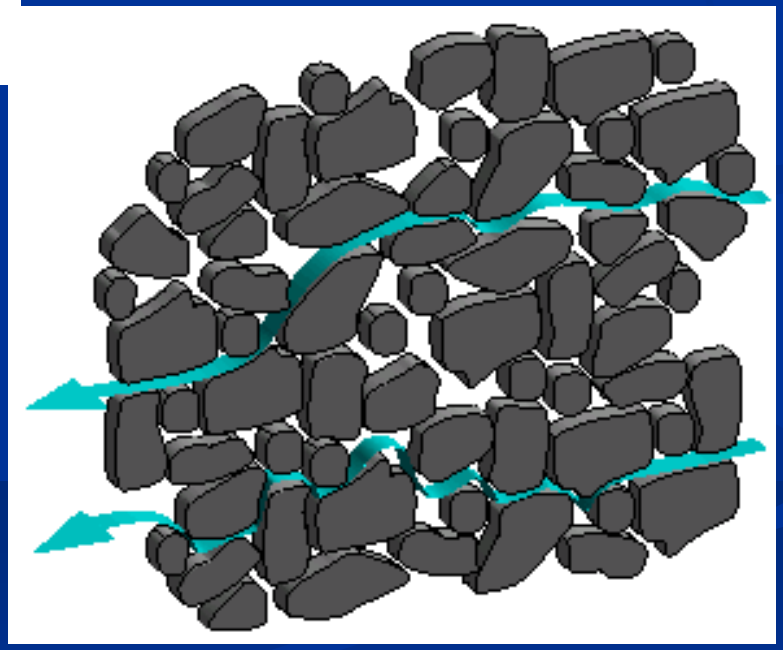
$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Groundwater flow is described by Darcy's law. This type of flow is known as **advection**.



Linear flow paths
assumed in Darcy's law

True flow paths



The deviation of flow paths from the linear Darcy paths is known as dispersion.

Figures from Hornberger et al. (1998)

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V_a = V_d\left(\frac{A_t}{A_v}\right)$$

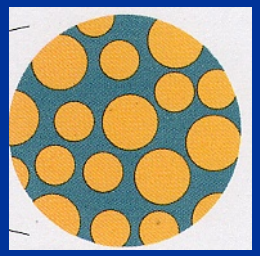
V_a= سرعت واقعی

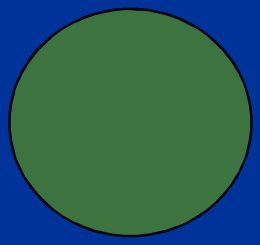
Vd = سرعت دارسی

At= سطح مقطع کل یک لایه آبدار

A_v= سطح مقطع منافذ عبوری آب

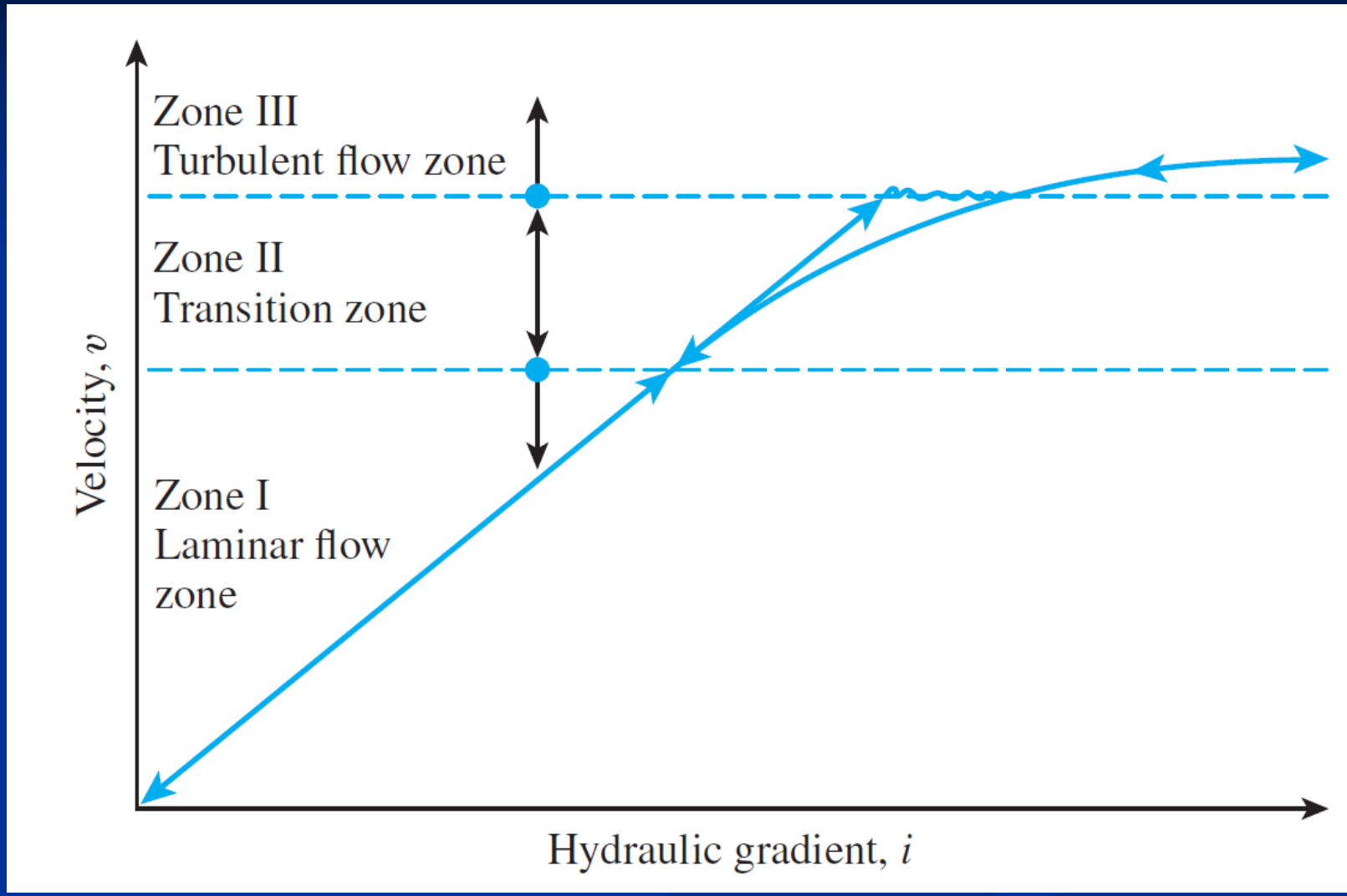
n میزان تخلخل = (Av/A_t)

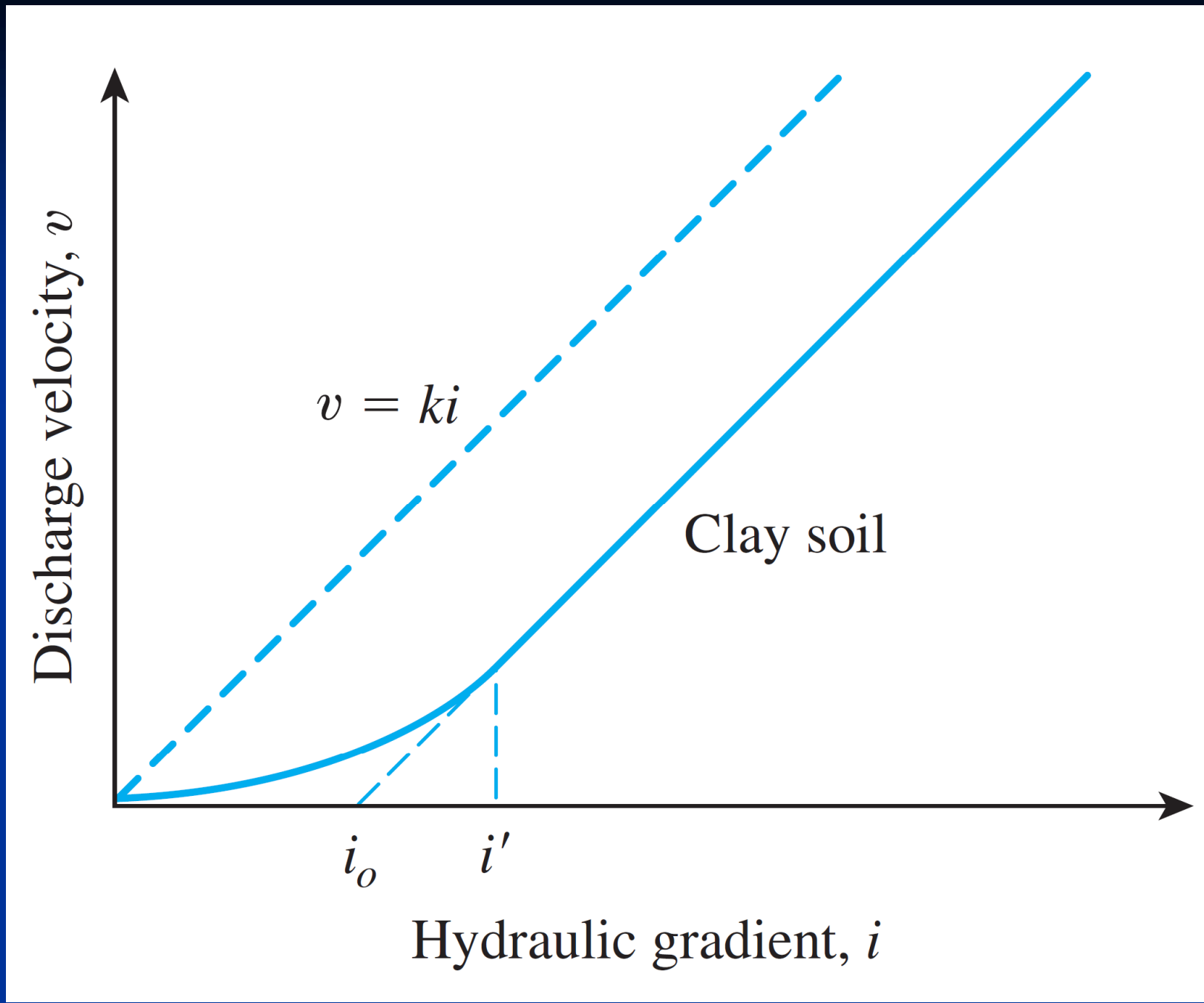




$$V_a = \frac{V_d}{n}$$

$$A = A_v + A_s$$


Zone III
Turbulent flow zone
Zone II
Transition zone
Zone I
Laminar flow
zone
Velocity, v
Hydraulic gradient, i


Discharge velocity, v
$v = ki$
Clay soil
i_o
i'
Hydraulic gradient, i

عدد رینولدز

در مکانیک سیالات نوع جریان، با عدد رینولدز مشخص می شود.اگر عدد رینولدز بیشتر از ۲۱۰۰ شود ، قانون دارسی اعتبار ندارد . عدد رینولدز عددی بدون بعد است، که به صورت زیر محاسبه میشود :

Reynold's Number

$$R_e = \frac{\rho V d}{\mu}$$

V: سرعت سیال

ϱ : چگالی سیال (gr/cm^3)

μ : گرانروی یا ویسکوزیته سیال

d : بعدیا مشخصه مجراست (در محیطهای رسوبی V به عنوان سرعت دارسی و d به عنوان قطر متوسط ذرات (d_{50})در نظر گرفته می شود .

ضریب آبگذری یا قابلیت انتقال

$$T = K\,D$$

T: ضریب آبگذری K: ضریب نفوذپذیری D : ضخامت سفره -

واحد سنجش (دیمانسیون) T برحسب مربع طول به زمان است.

$$L^2 T^{-1}$$

مثال : ضریب آبگذری یک لایه آبدار به ضخامت ۶۰ متر را که دارای نفوذپذیری افقی $۱۰^۲$ و قائم $۱۰^۳$ سانتی متر بر ثانیه است را محاسبه نمایید .

(cm2/sec ۱۸۹۷۴)

دبی جریان

در معادله دارسی به جای سطح مقطع عمود بر جریان می توان نوشت:

$$A=W.D$$

A : سطح مقطع W : عرض جریان D: ضخامت لایه آبدار

$$Q=WDKi$$

Q: دبی جریان K: ضریب نفوذپذیری i : گرادیان هیدرولیکی

دبی جریان را با استفاده از رابطه زیر بدست آورد:

$$Q=WTi$$

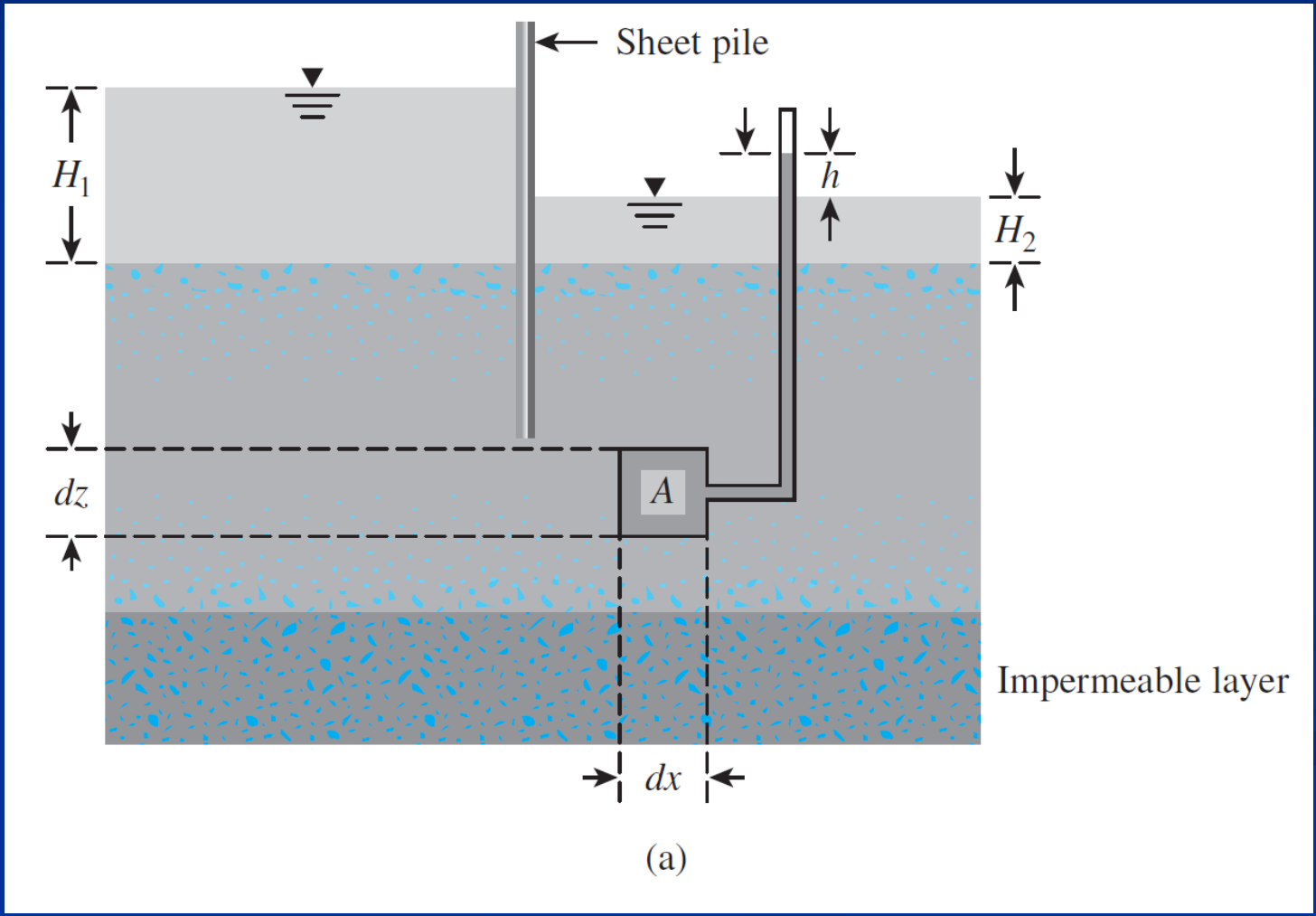
ضرایب هیدرودینامیک

$$K = V/i$$

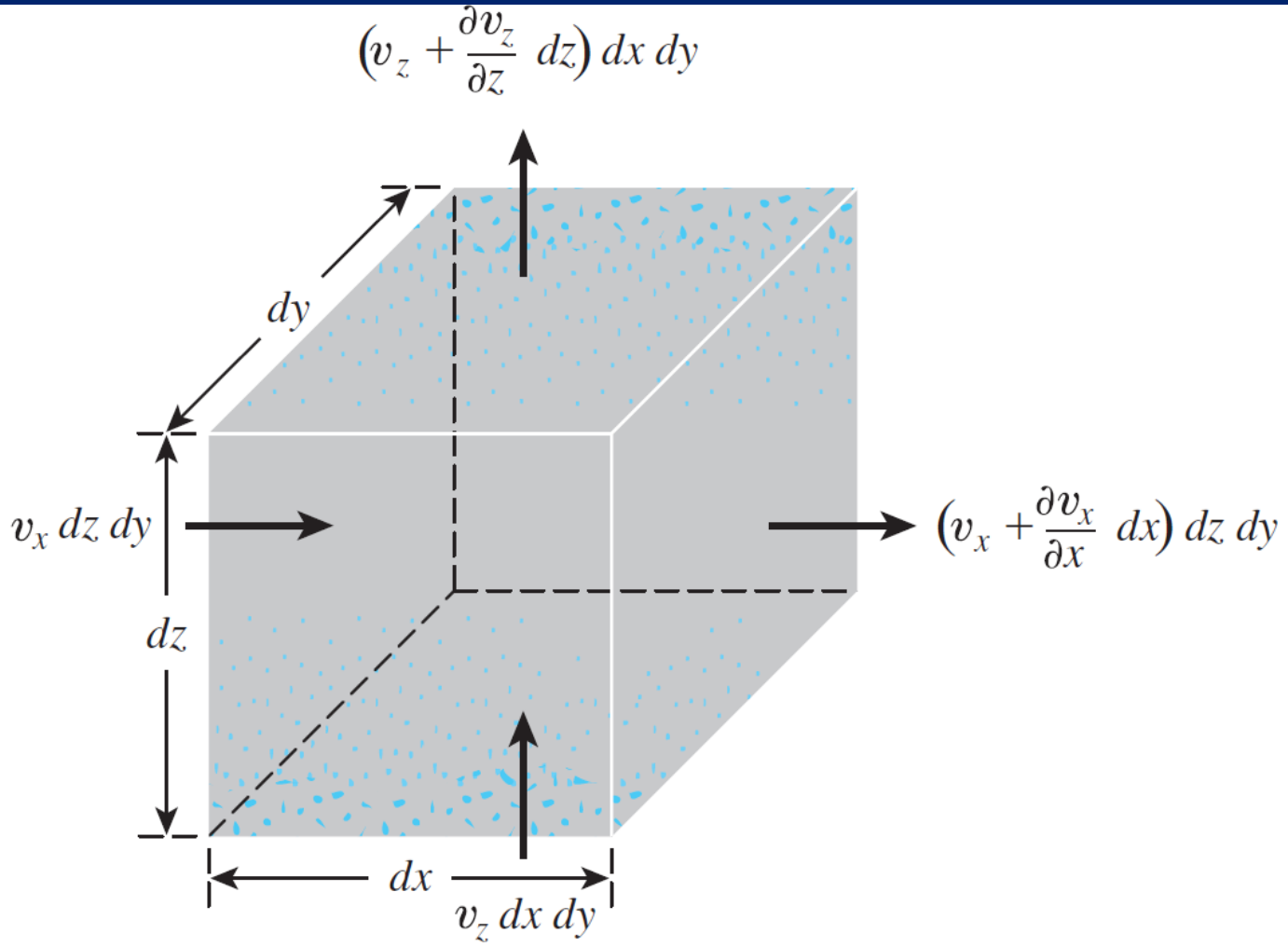
$$T = K\,D$$

$$S = \frac{V_y}{V_t} \times 100$$

Laplace's Equation of Continuity



Laplace's Equation of Continuity



Laplace's Equation of Continuity

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

$$k_x = k_z$$

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

رابطهٔ پیوستگی لاپلاس نشان دهندهٔ دو خانواده منحنی متعامد است که نام یکی خطوط جریان و نام دیگری خطوط هم پتانسیل است. خط جریان(*flow line*) خطی است که ذرات آب در امتداد آن از بالا دست به پایین دست در خاک نفوذپذیر جریان می یابند. خط هم پتانسیل (*equipotential line*) خطی است که نقاط واقع در روی آن دارای یک انرژی پتانسیل می باشند. به ترکیب تعدادی از خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل، شبکهٔ جریان گفته می شود. در رسم شبکهٔ جریان به طریقهٔ ترسیمی لازم است که دو قاعدهٔ زیر مراعات گردد:

۱- خطوط جریان و خطوط هم پتانسیل بر هم عمود باشند.

۲- هر یک از چشمه های جریان قریباً باید مربع باشد.

در هر شبکه جریان نوار بین دو خط جریان کانال نامیده می شود.

دبی تراوش از میان کانالهای جریان برای واحد عرض(عمود بر مقطع قائم بر لایه نفوذپذیر) به صورت زیر قابل محاسبه است:

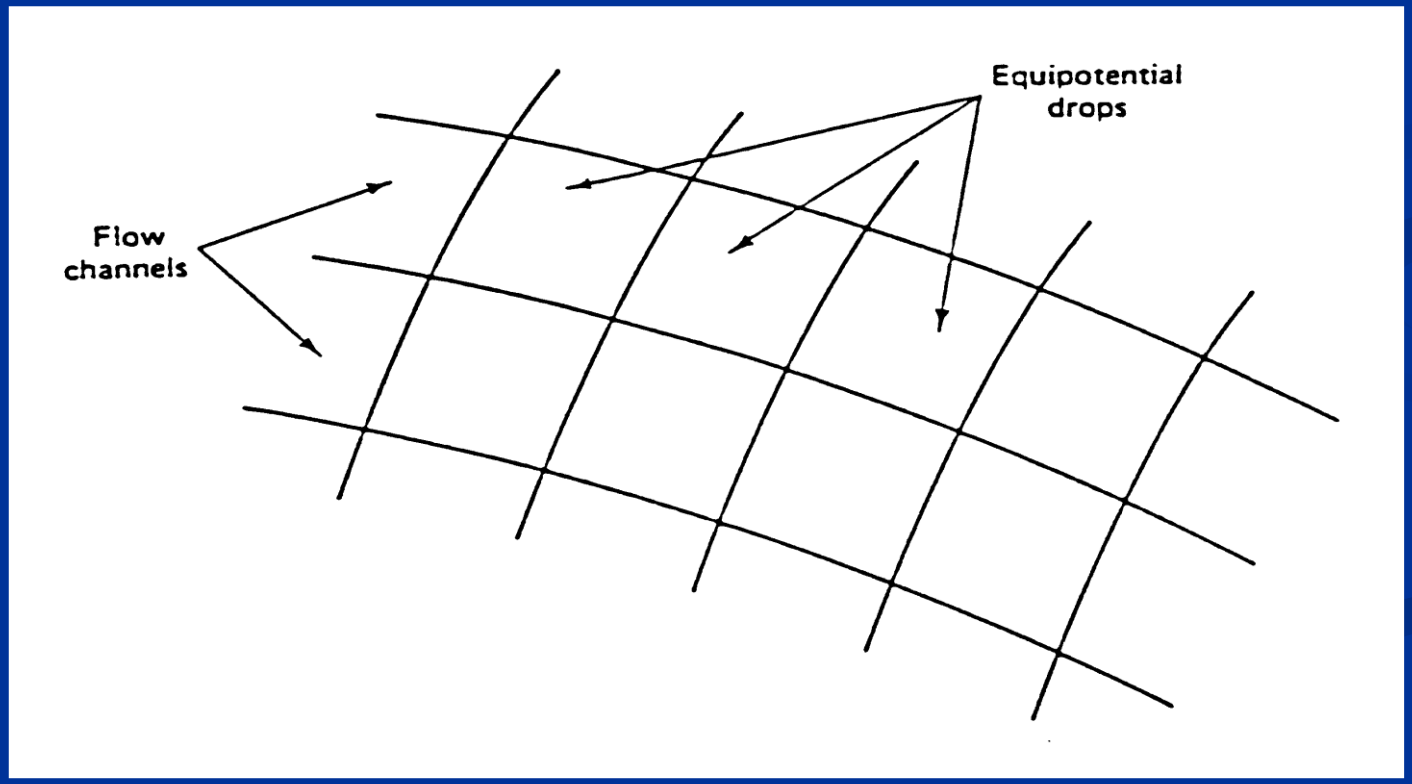
$$q = KH\frac{N_f}{N_d}$$

q = دبی تراوش(cm^3)، N_f = تعداد مجاری جریان، K= ضریب نفوذپذیری(cm/s)، N_d = تعداد افتهای پتانسیل

H = اختلاف پتانسیل بین بالادست و پایین دست(افت بار کلی)

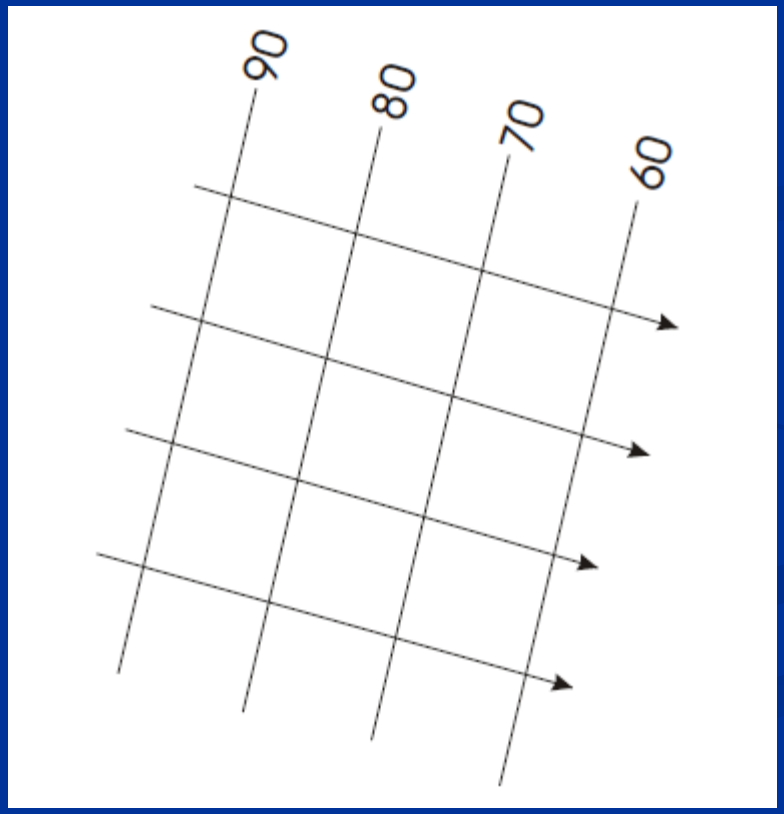
قانون حاکم بر حرکت آب در زیر زمین

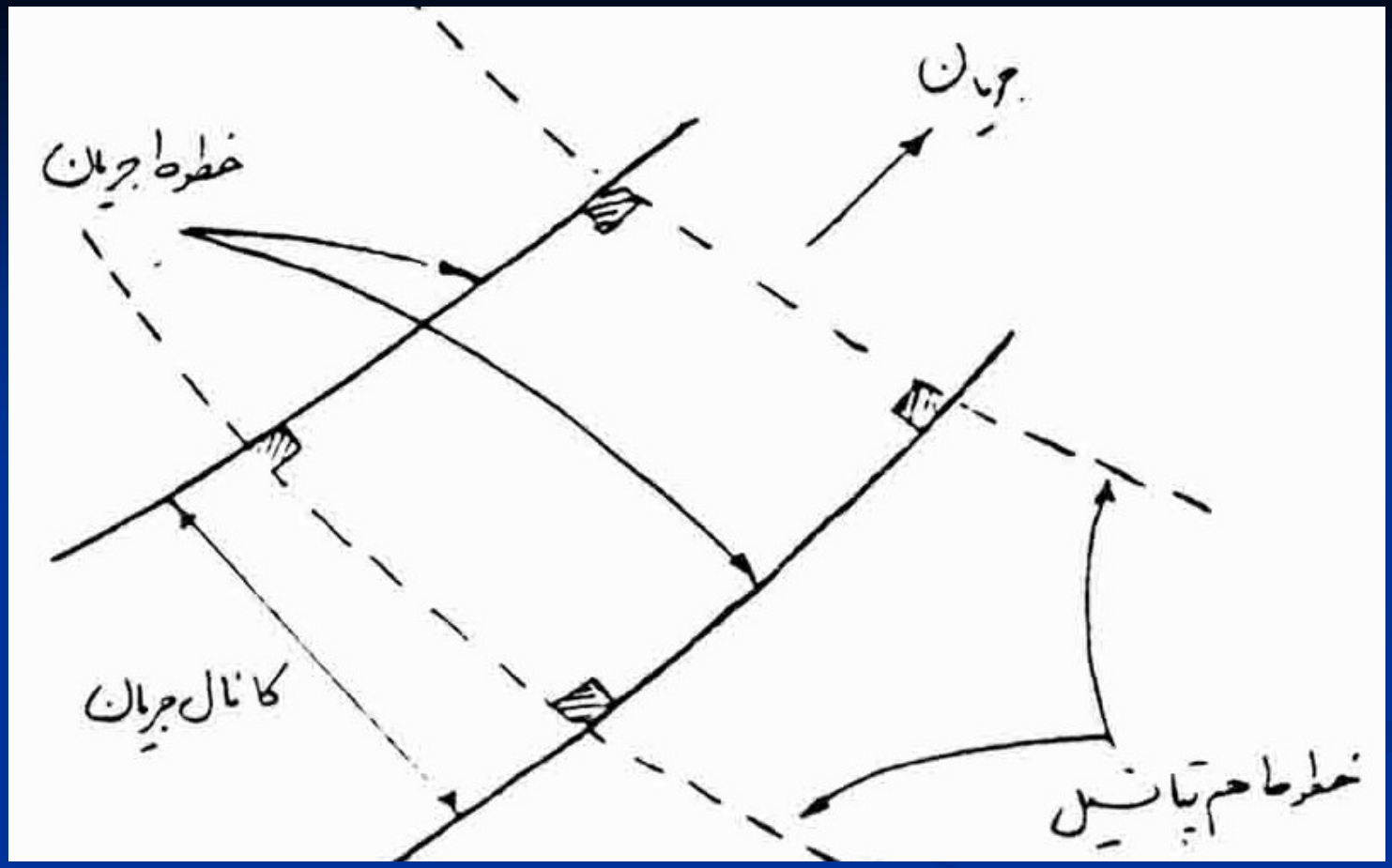
آب زیر زمینی ، به طور کلی از ترازهای پر انرژی تر به ترازهای کم انرژی تر حرکت می کند و این انرژی اساساً نتیجه ارتفاع و فشار است.



خط جریان

مسیر حرکت آب را در زیر زمین را به صورت مسیرهای مستقیمی در نظر می گیرند. این خطوط مستقیم مسیر حرکت مولکولهای آب را اصطلاحاًخط جریان می خوانند.

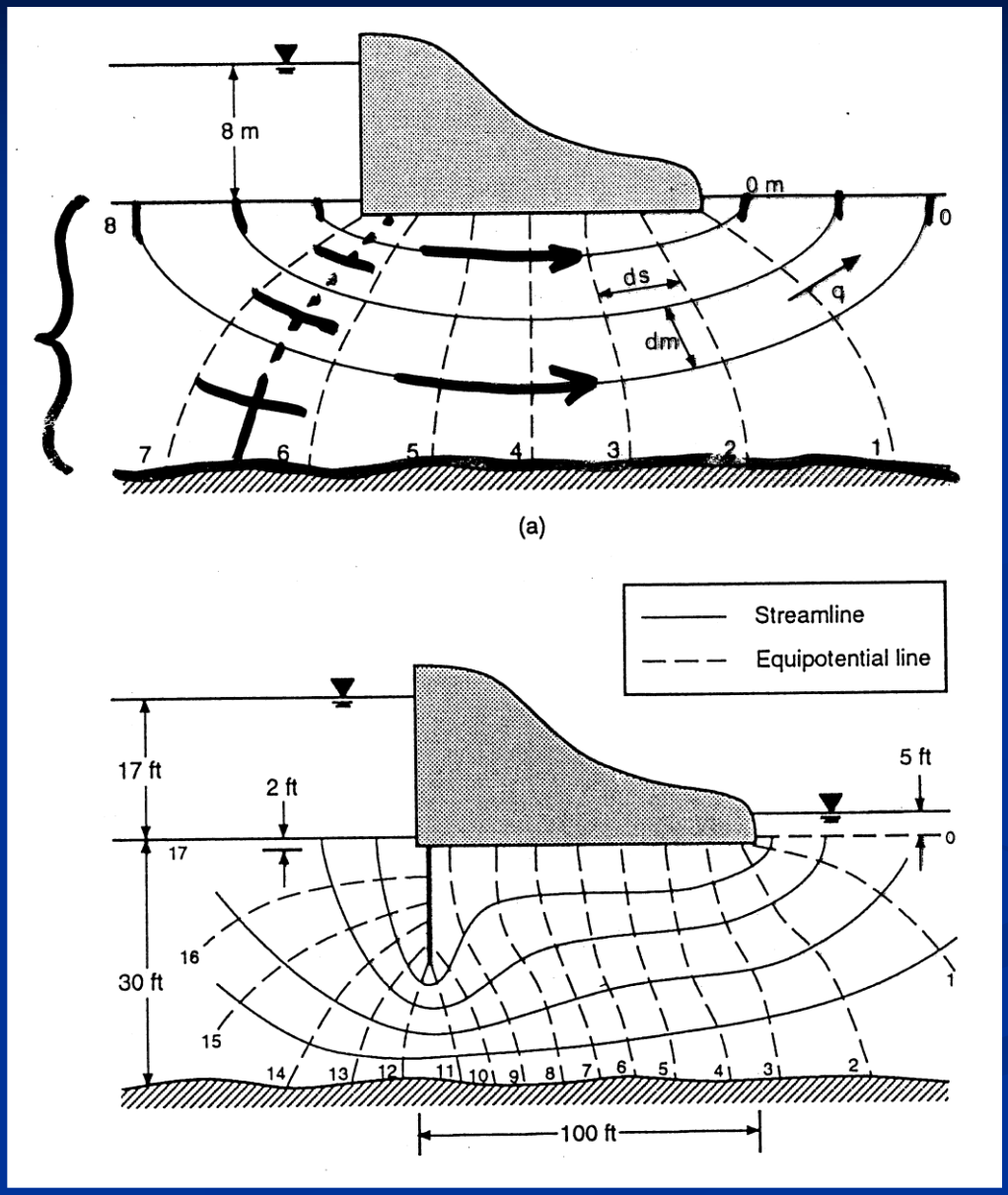


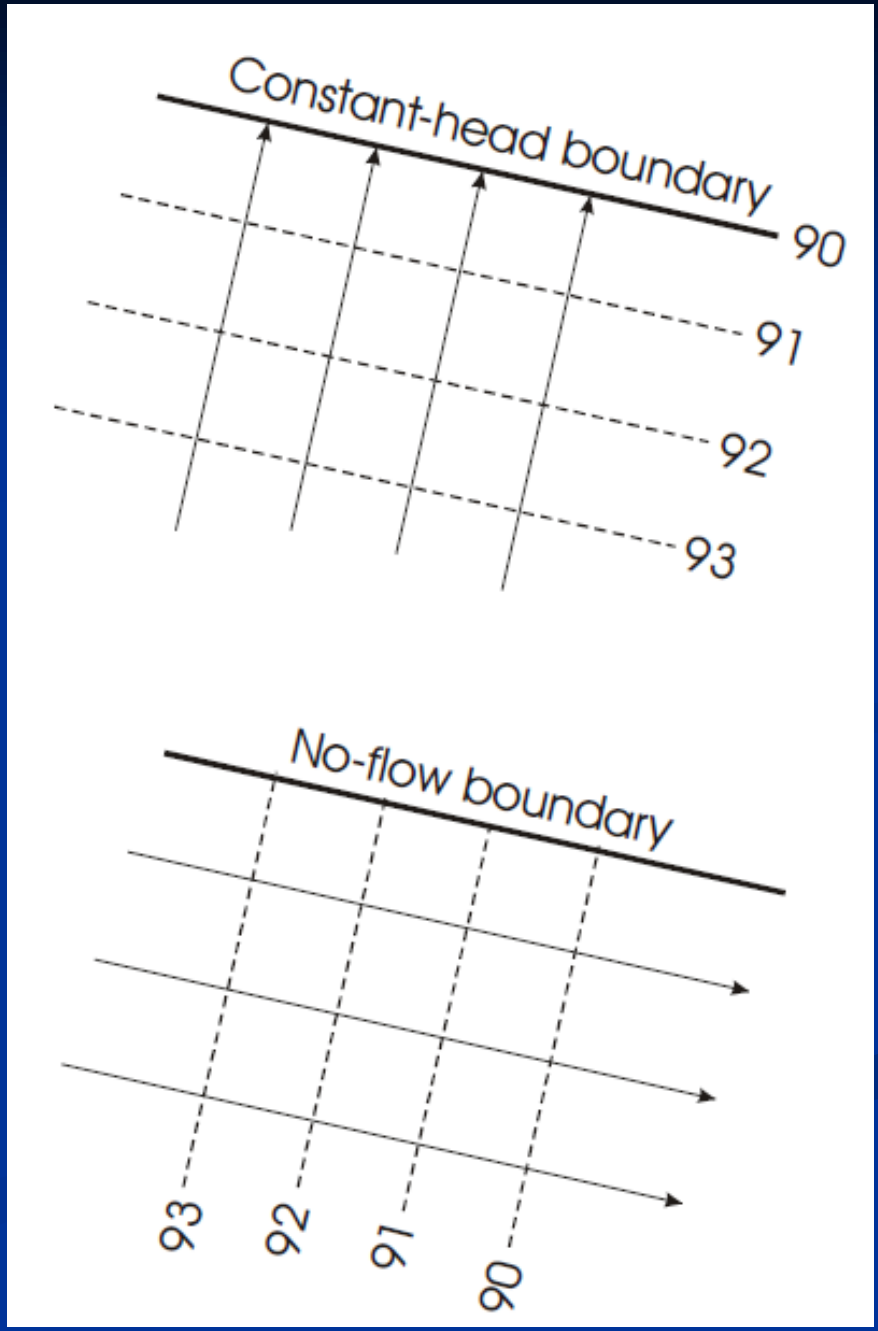


۱. خطوط جریان تقریباً عمود بر خطوط هم پتانسیل

۲. در محیط همسان و همروند از تلاقی دو خط جریان و دو خط هم پتاسیل مجاور هم یک مربع بوجود می آید .

Effects of Boundary Condition on Shape of Flow Nets





Pattern of flow lines near constant-head and no-flow boundaries.

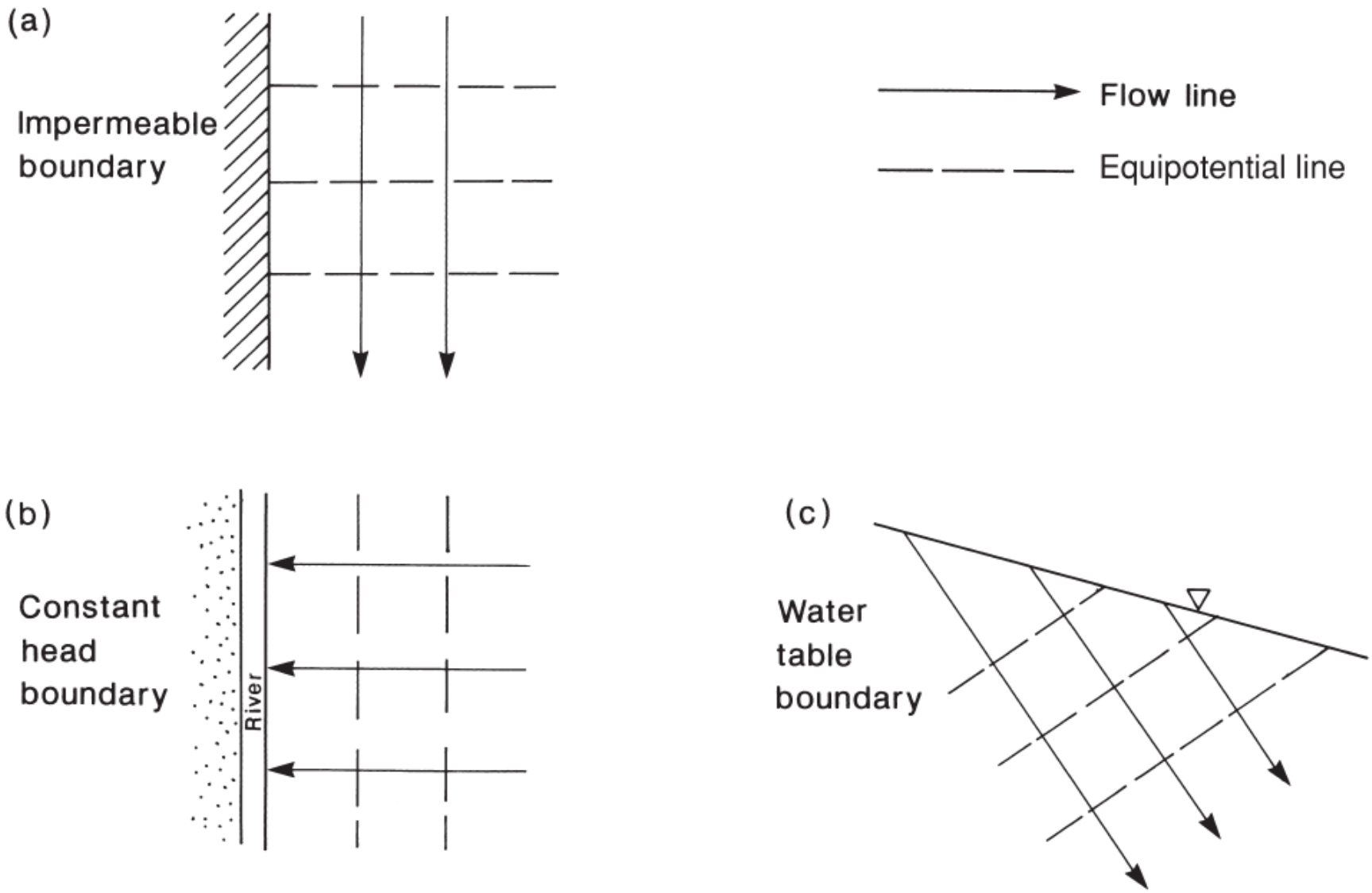
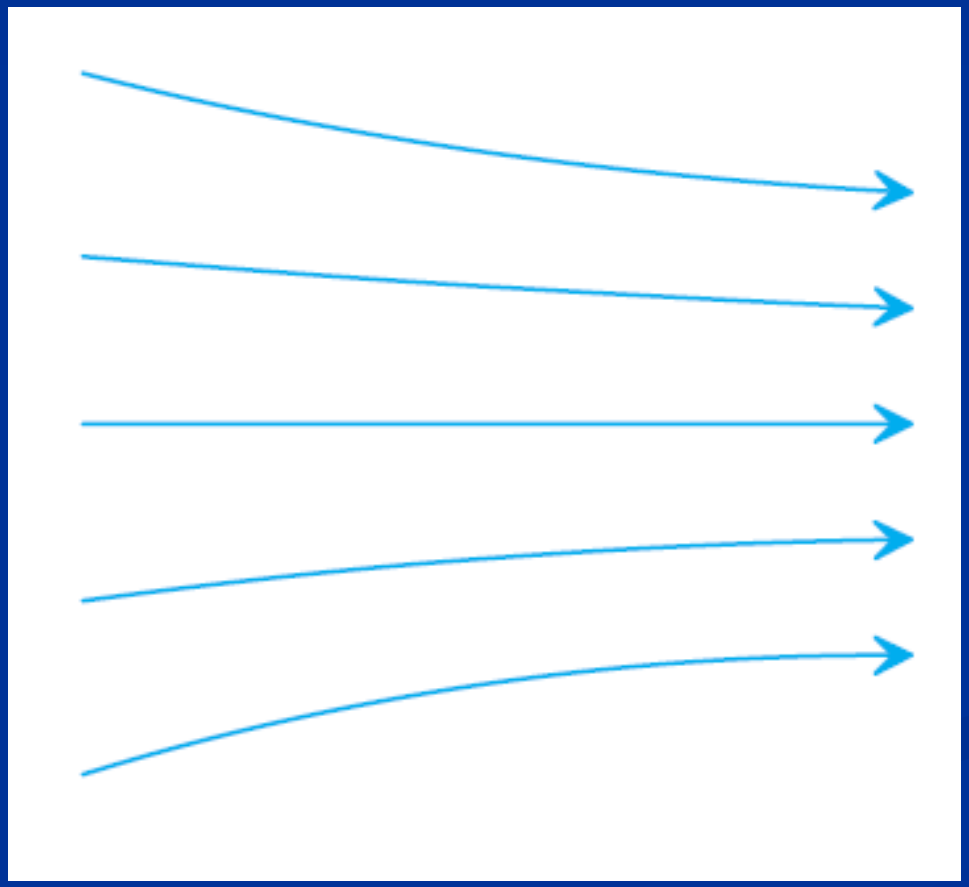


Fig. 1 Simple rules for flow net construction for the cases of (a) an impermeable boundary, (b) a constant head boundary (here shown as a river) and (c) a water-table boundary.

جریان یکنواخت

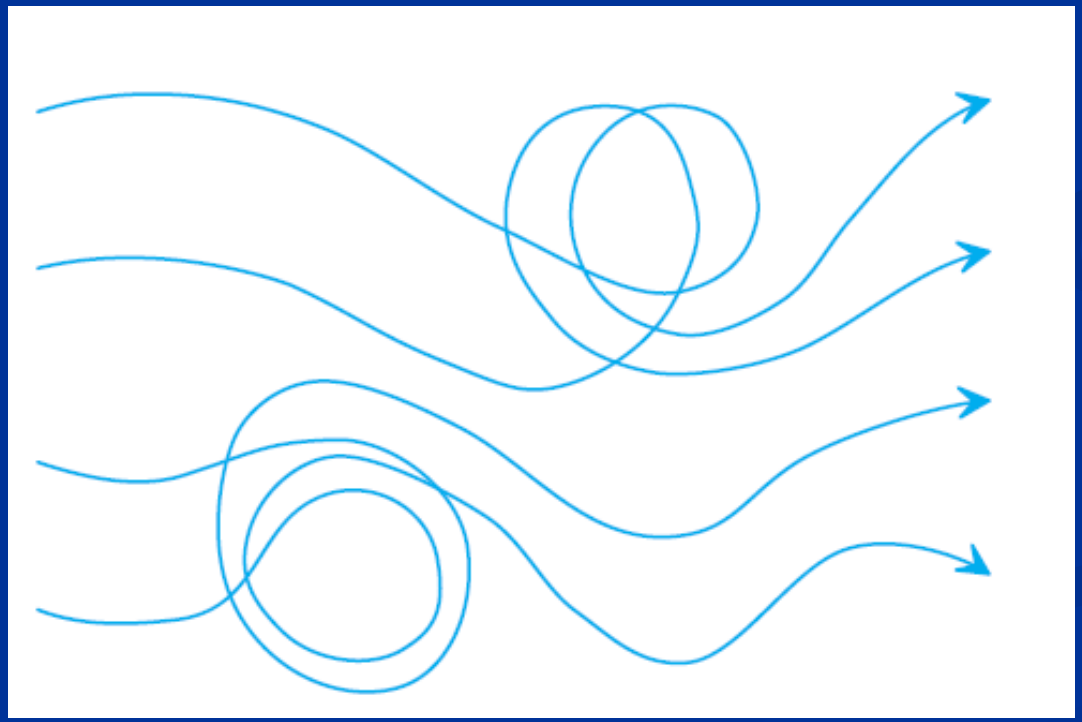
از آنجا که خطوط جریان مستقیم وموازی هستند، جریان آب نسبت به فاصله تغییر نمی کند، چنین جریانی را جریان یکنواخت می گویند.

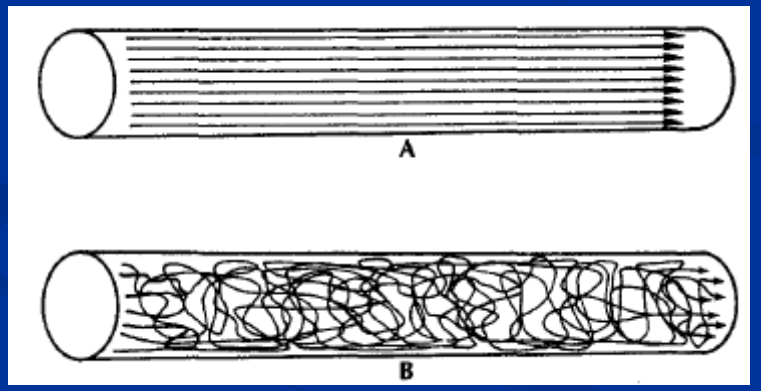


Flow paths
in a laminar flow

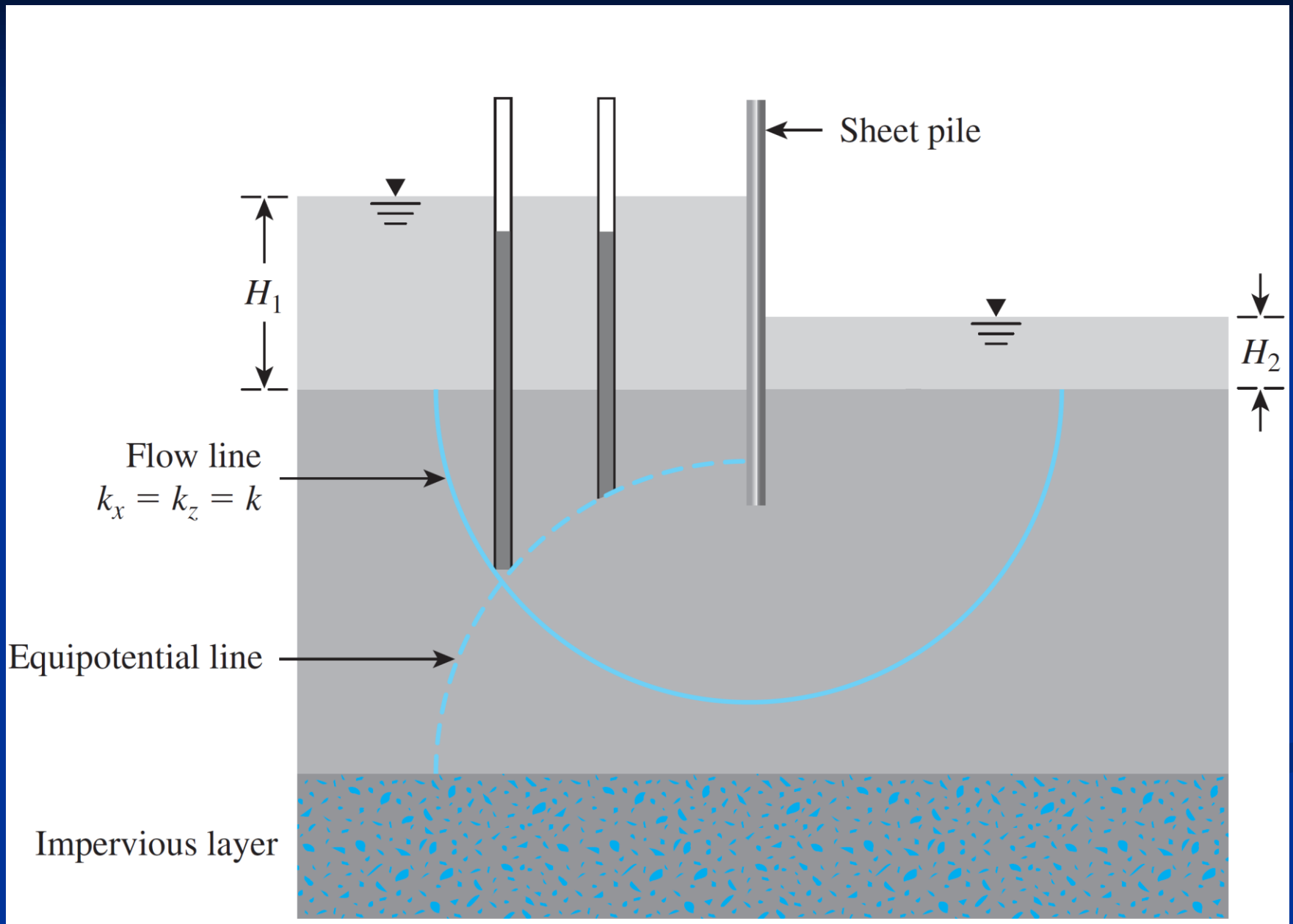
جریان غیر یکنواخت

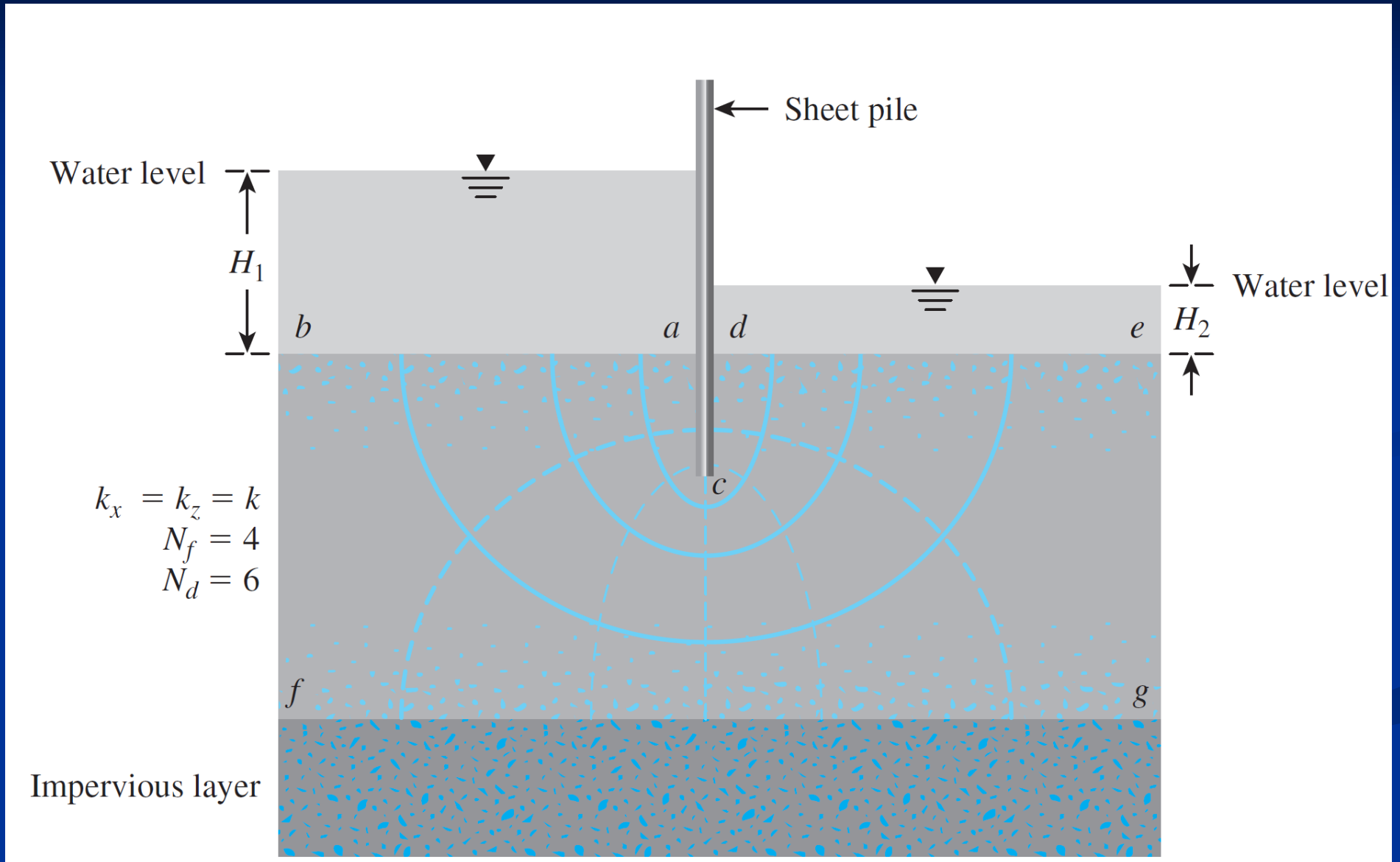
جریانی است که نسبت به فاصله تغییر می کندوخطوط جریان پیچ وخمهایی دارندوممکن است همگرا یا واگرا باشند.



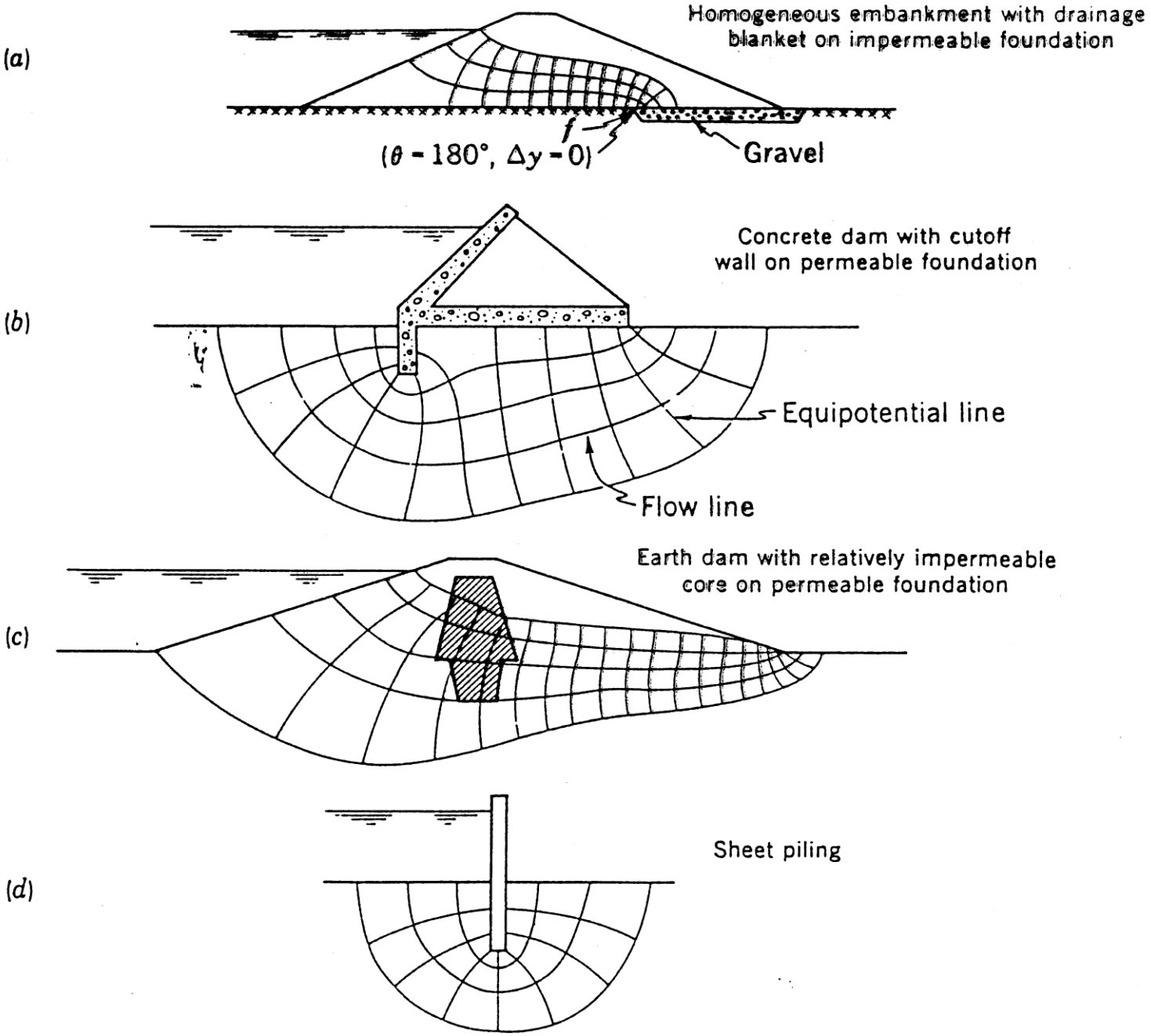


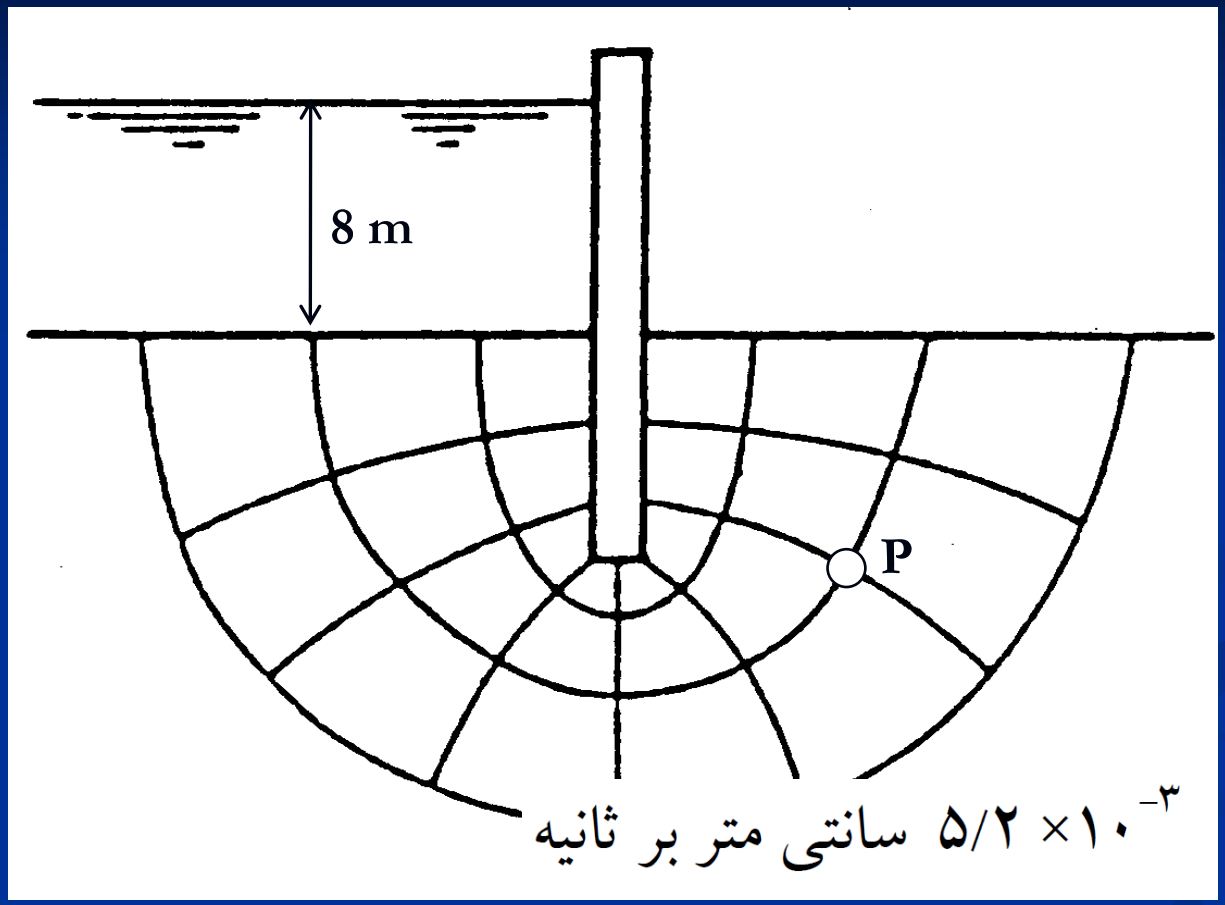
Flow paths
in a turbulent flow


Sheet pile
H_1
H_2
Flow line
$k_x = k_z = k$
Equipotential line
Impervious layer

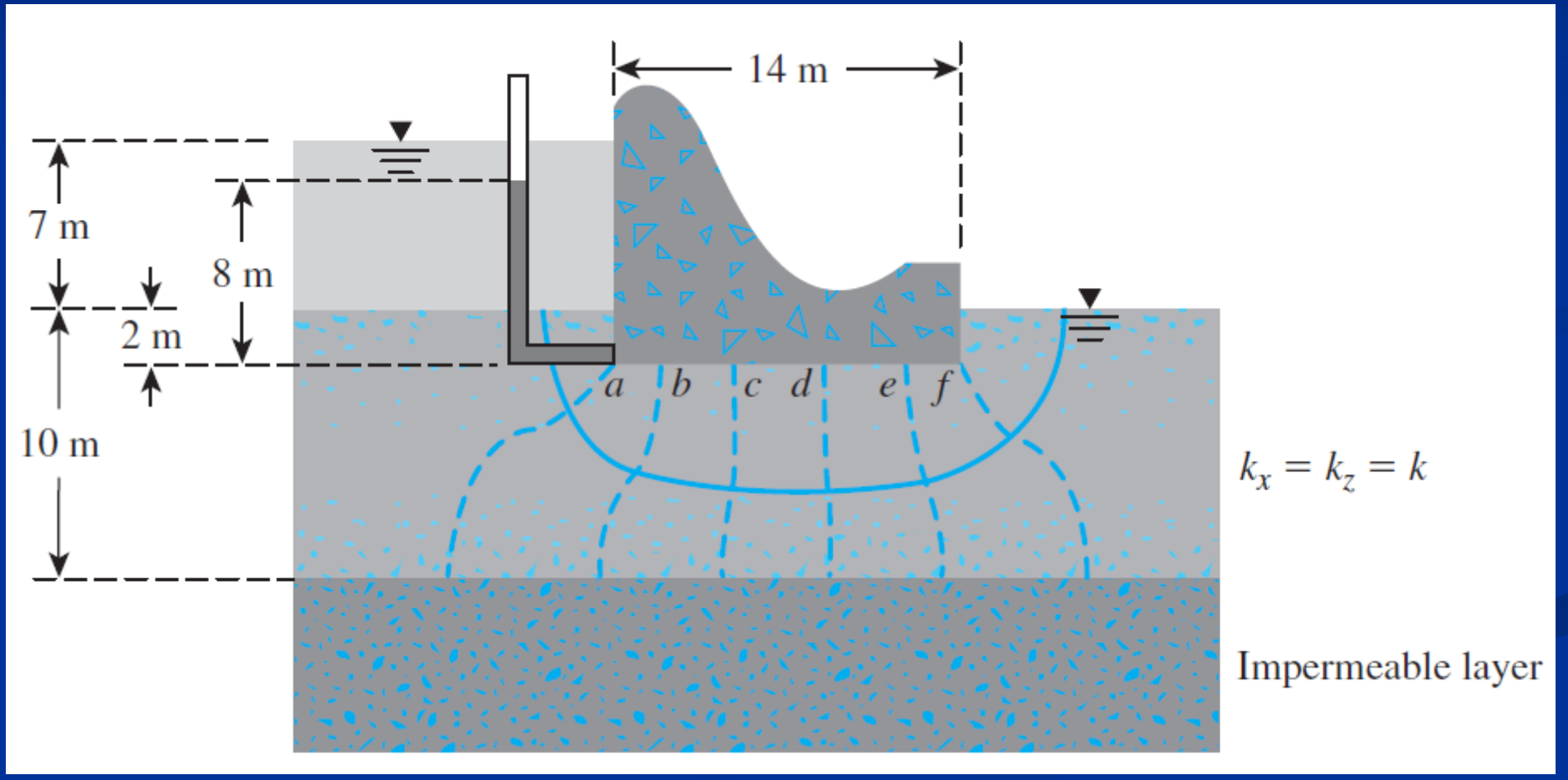

Sheet pile
Water level
H_1
b
a
d
e
H_2
Water level
c
$k_x = k_z = k$
$N_f = 4$
$N_d = 6$
f
g
Impervious layer

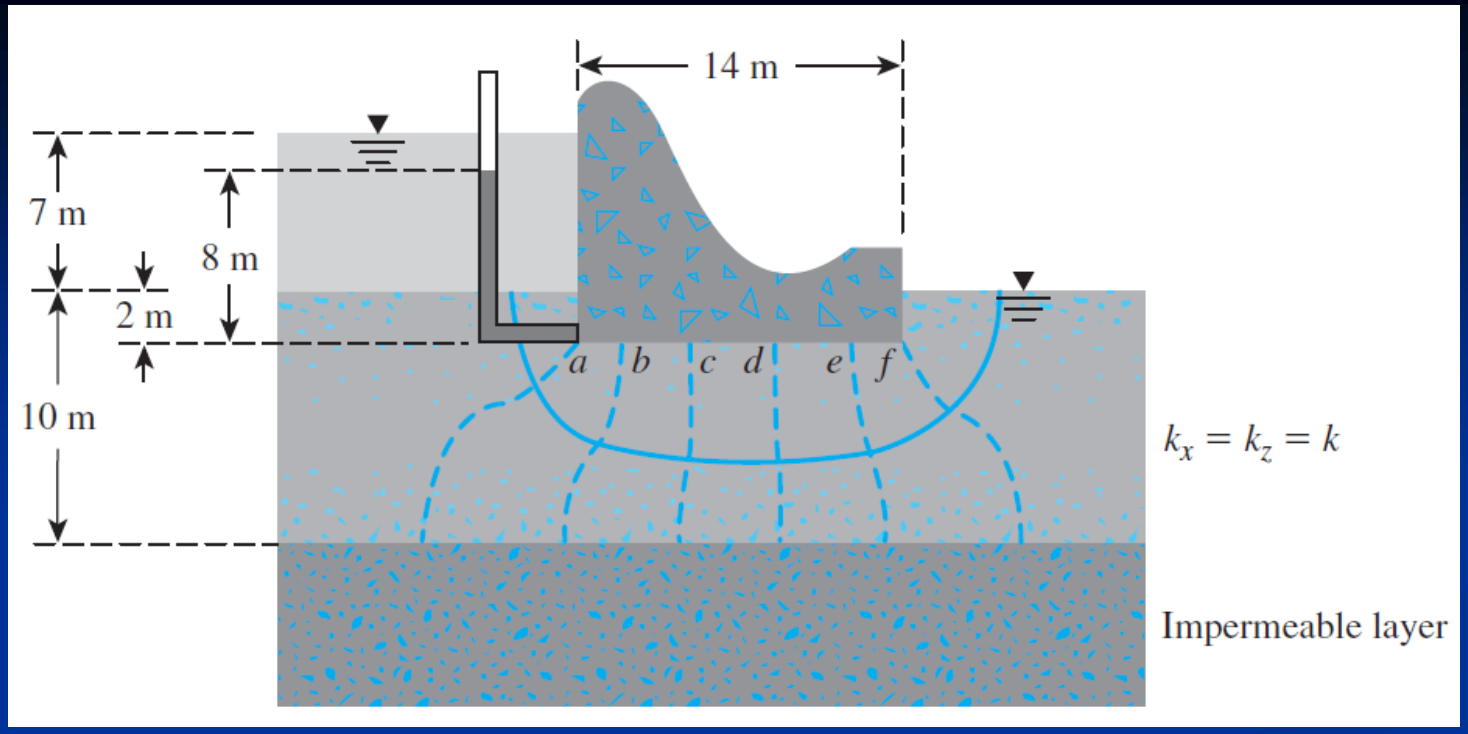
Seepage Under Dams

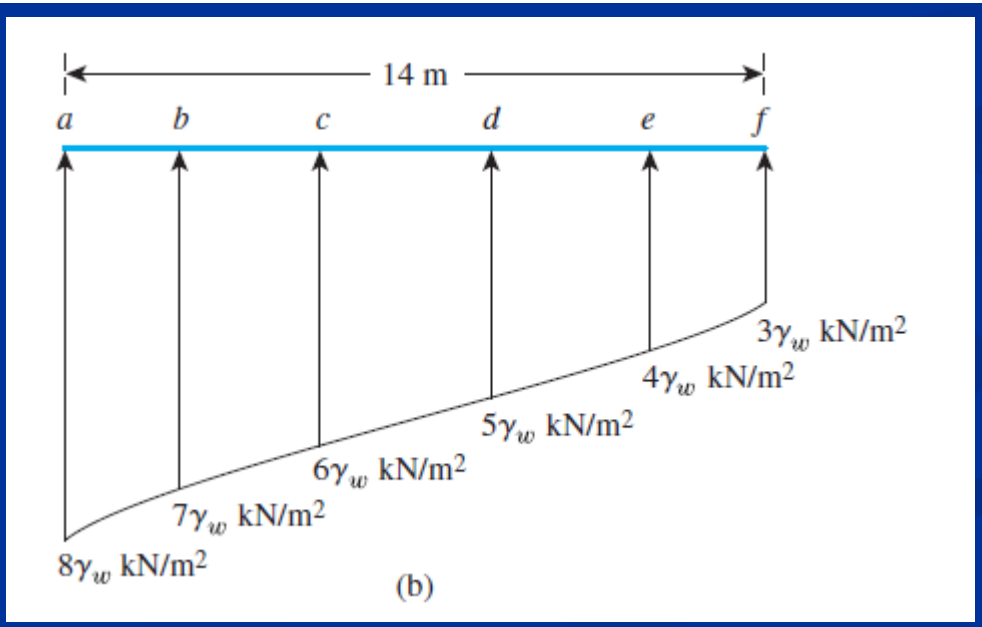



8 m
P
۵/۲ ×۱۰$^{-۳}$ سانتی متر بر ثانیه

Uplift Pressure under Hydraulic Structures




14 m
7 m
8 m
2 m
10 m
a
b
c
d
e
f
$k_x = k_z = k$
Impermeable layer


14 m
a
b
c
d
e
f
$3\gamma_w$ kN/m^2
$4\gamma_w$ kN/m^2
$5\gamma_w$ kN/m^2
$6\gamma_w$ kN/m^2
$7\gamma_w$ kN/m^2
$8\gamma_w$ kN/m^2
(b)

نقشه های تراز آب زیر زمینی
Water Contour Map (WCM)

نقشه ای است متشکل از خطوط موازی که عمق سطح آب را نشان می دهد . هر ۲۵ کیلومتر مربع یک چاه پیزو متر ضروری است . برای تهیه این نقشه ها تعدادی چاه مشاهده ای تا عمق لایه آبدار حفر می شود. با برداشت سطح آب در این چاهها و سپس بدست آورن تراز سطح آب زیر زمینی و درون یابی ترازهای هم ارتفاع نقشه تراز آب زیر زمینی را رسم می نماییم.

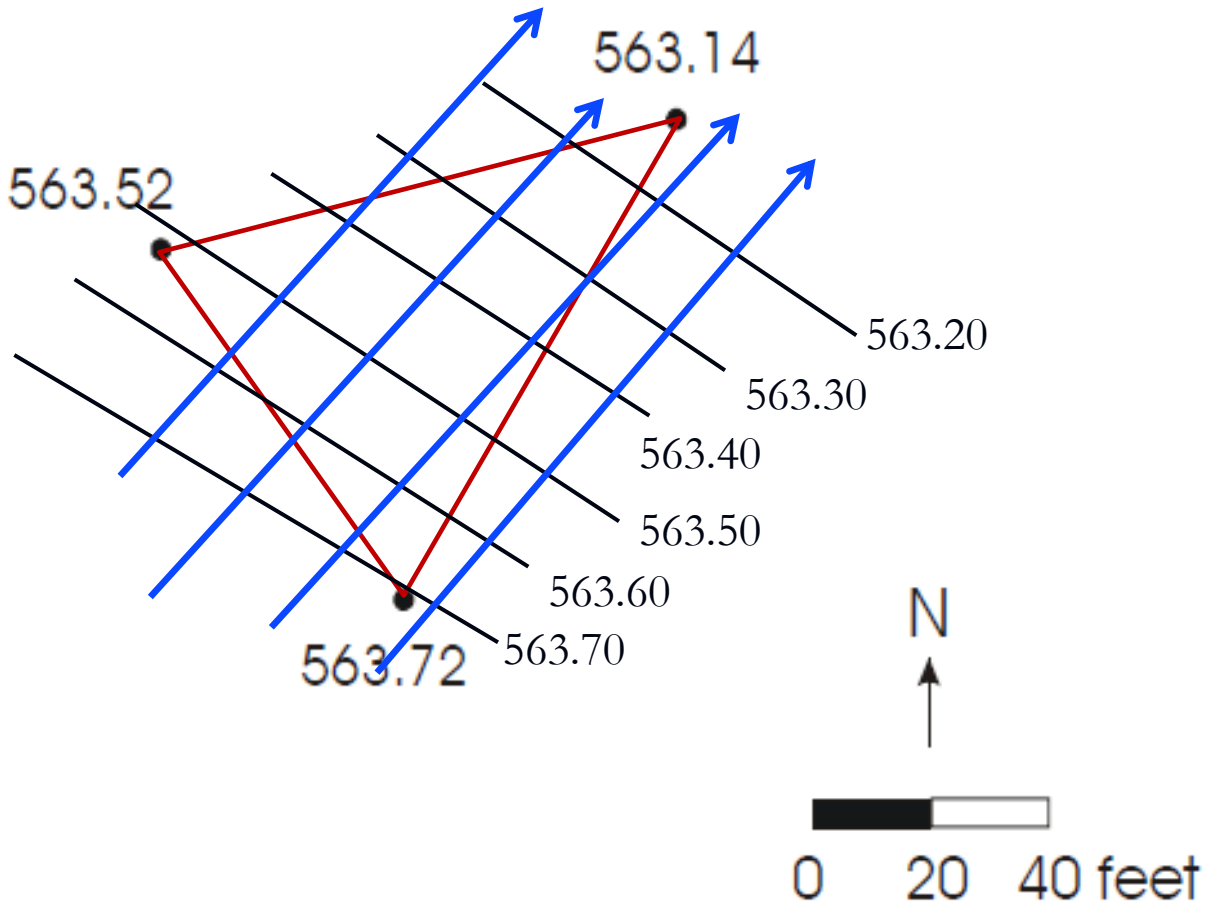
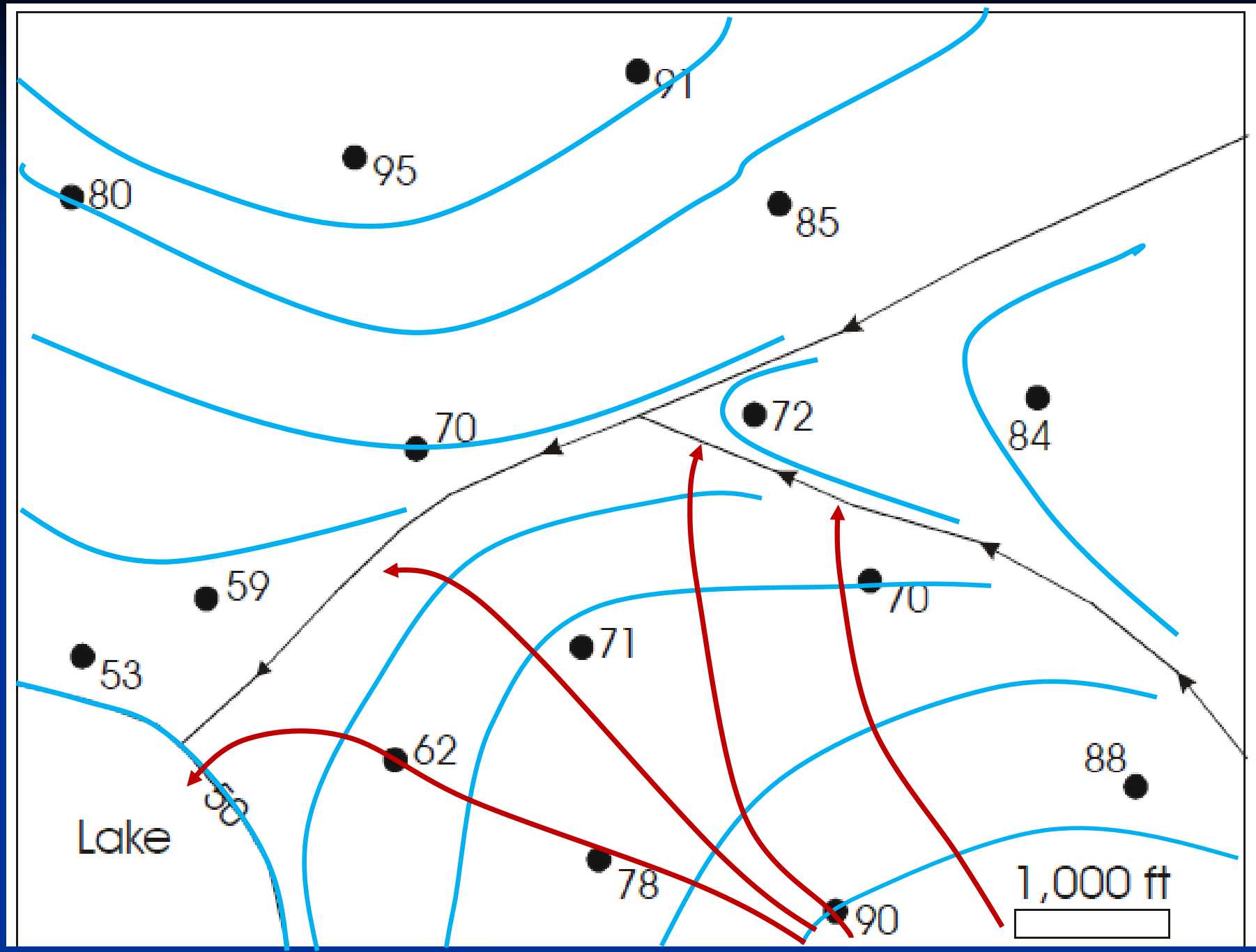


Figure 4.15. Three-point problem; water table elevations in feet above mean sea level.


91
95
80
85
70
72
84
59
70
53
71
62
88
Lake
78
90
1,000 ft

عوامل موثر بر نقشه تراز آب

۱. ساختارهای زمین شناسی
۲. خواص فیزیکی آبخوان
۳. عوامل اقلیمی
۴. عوامل هیدروژئولوژیکی

نقشه تراز سطح آب یک نقشه مورفولوژی سطح آب می باشد .

مشخصات نقاط اندازه گیری سطح آب (پیزومتر)

۱. پیزومترها در یک آبخوان باشند .
۲. اطلاعات چاههای پمپاژ یا تغذیه مصنوعی ملاک قرار نگیرد (سطح دینامیک)
۳. چاههای پیزومتر از لحاظ عمق ، قطر و تجهیزات باید مشابه باشند .
۴. اندازه گیری و قرائت ها باید دوره ای و همه در یک بازه زمانی محدود صورت گیرد .
۵. تراز آب در زمانهای تخلیه و تغذیه اعلام گردد .
۶. نقشه های حداقل و حداکثر تراز آب در یک دوره یک ساله مناسب است .
۷. تاریخ قرائت ها حتماً باید در نقشه ها ذکر گردد .
۸. مقیاس مناسب برای نقشه ها در نظر گرفته شود . ۱۰ ، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ هزارم

مراحل ترسیم نقشه WCM

۱. تهیه نقشه توپوگرافی (نقشه مبنا یا پایه)
۲. پیاده سازی نقاط پیزومتر
۳. درج عمق یا ارتفاع آب در کنار نقاط پیزومتر
۴. تشکیل مثلث متساوی الاضلاع (در صورت امکان)
۵. تعیین نقاط هم ارتفاع
۶. براساس مقیاس نقشه رسم خطوط هم ارتفاع (هم پتانسیل)
۷. تکمیل نقشه تراز سطح آب

نقشه های تراز آب

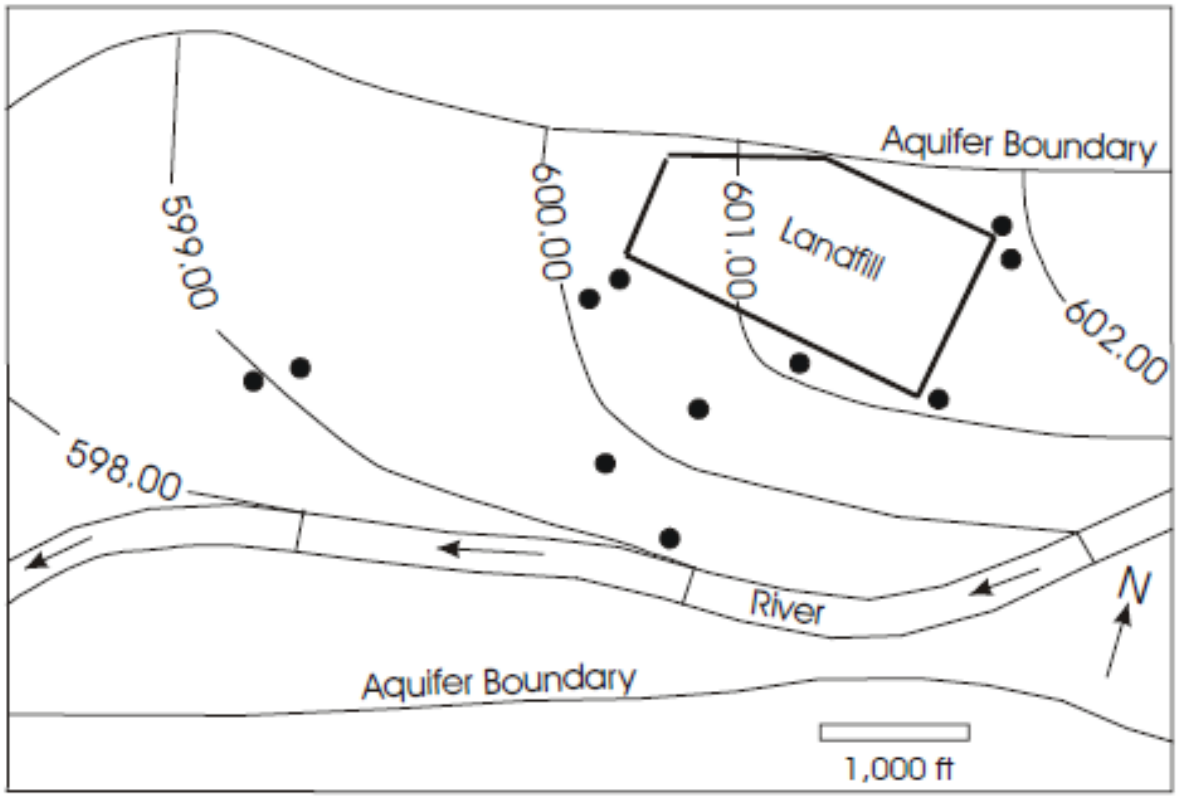


Figure 4.8. Water table contour map for site in southwest Ohio, USA; contours in feet above mean sea level (Hudak and others, 1993). Reprinted with permission from the American Water Resources Association.

نقشه های تراز آب

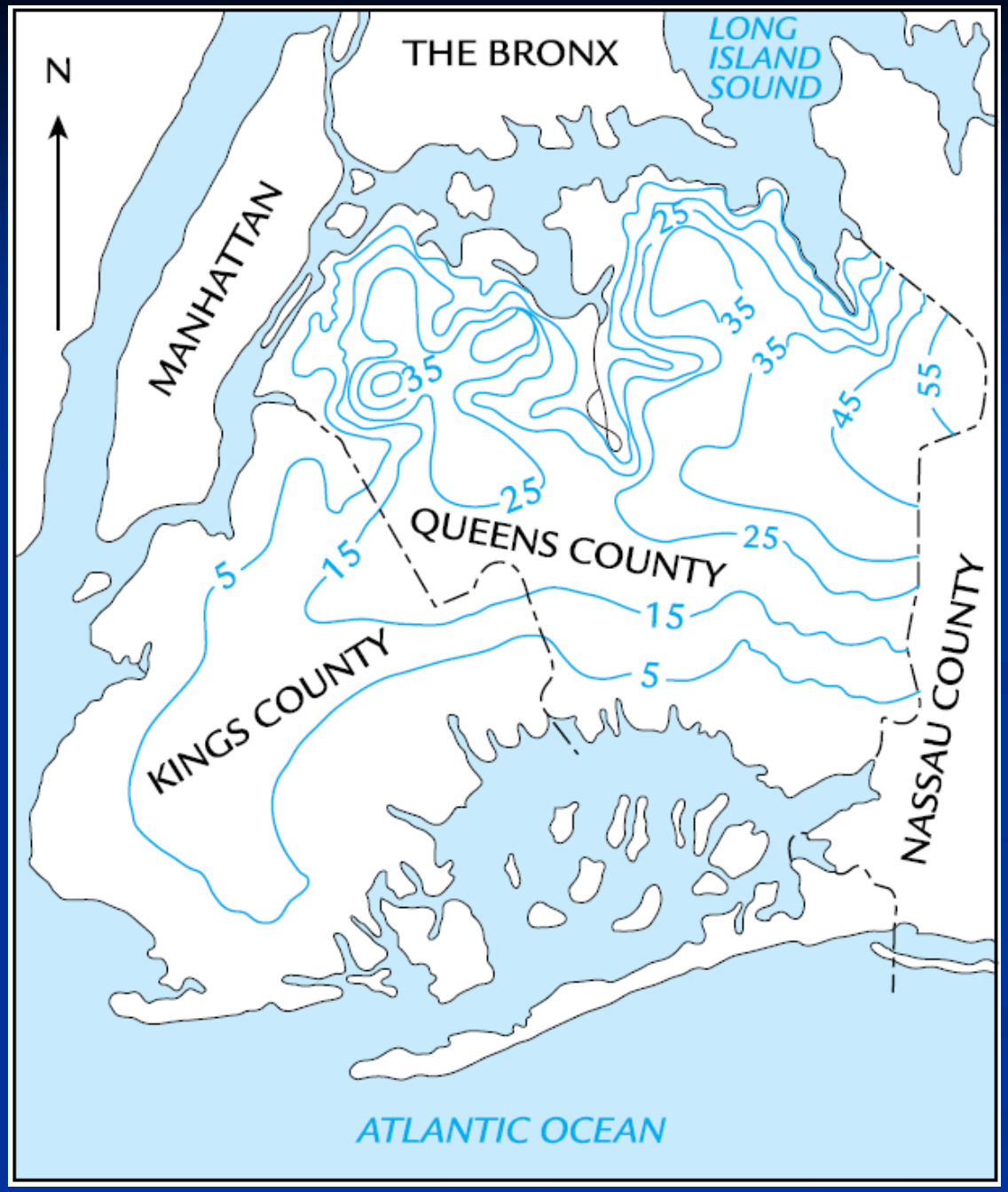


Figure 3.30 Water table elevations in Brooklyn, New York in 1903 (top) and 1936 (bottom). From Cohen *et al.* (1968).

نقشه های تراز آب

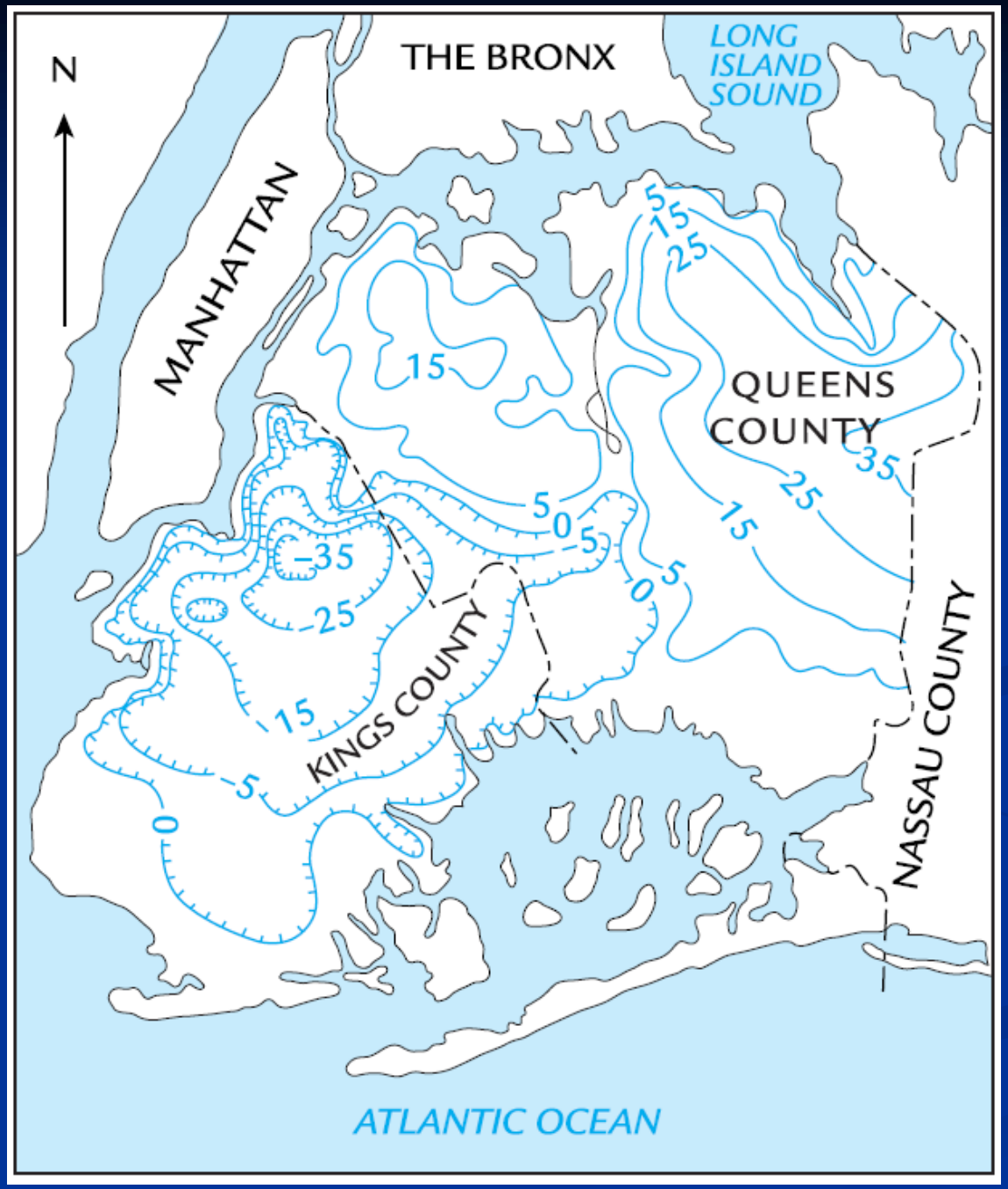
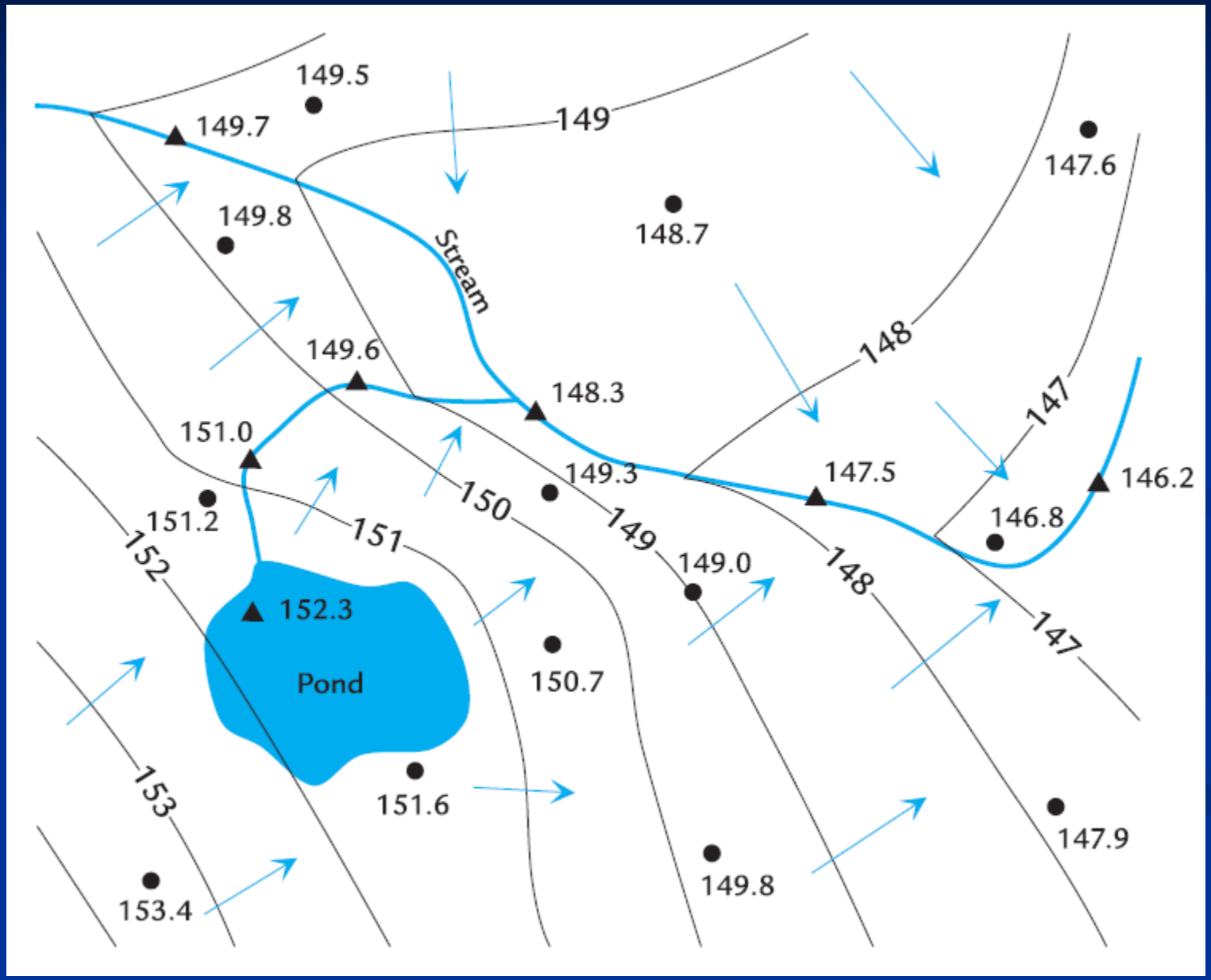


Figure 3.30 Water table elevations in Brooklyn, New York in 1903 (top) and 1936 (bottom). From Cohen *et al.* (1968).

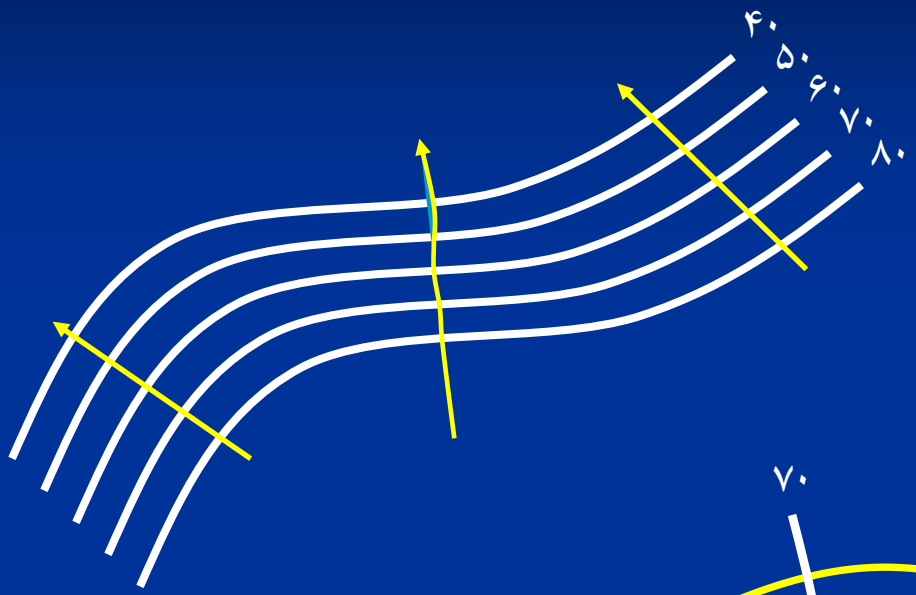
نقشه های تراز آب

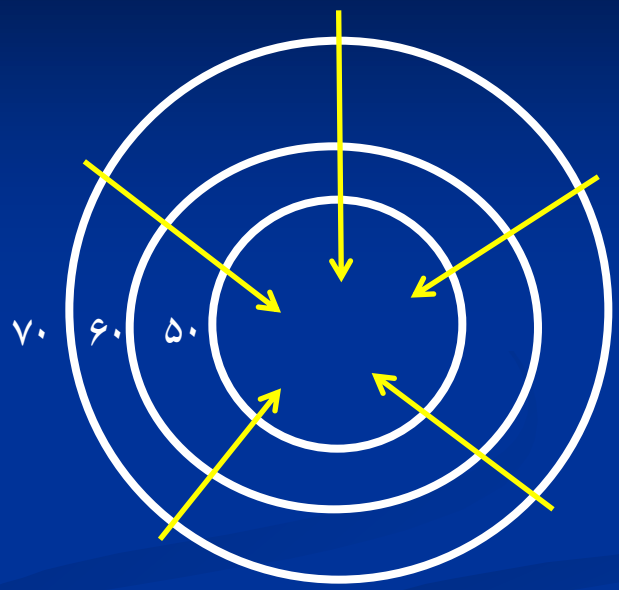


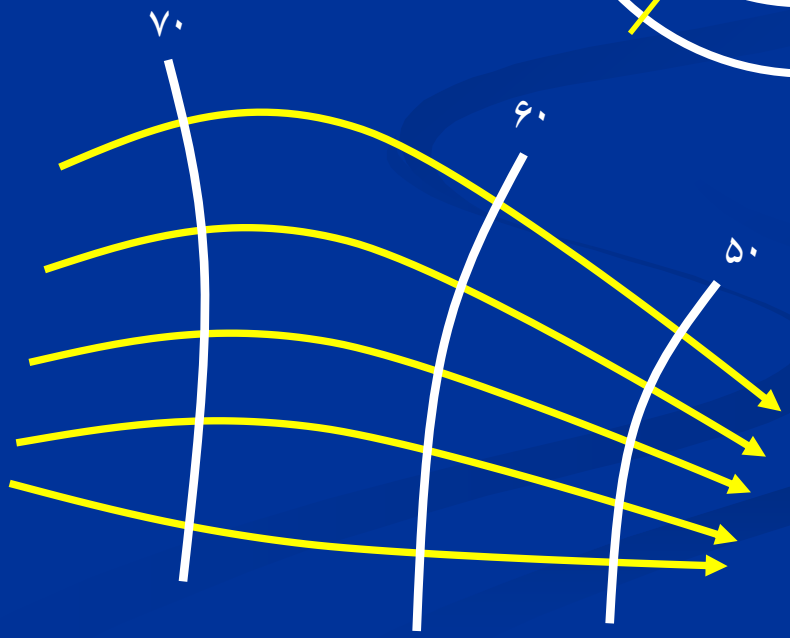
کاربردهای نقشه های ترازسطح آب زیرزمینی

۱. تعیین جهت جریان آب زیرزمینی
۲. بررسی اثر جریان سطحی بر آبخوان
۳. بررسی اثر سازندها و مرزهای محدود کننده
۴. بررسی اثر بهره برداری از سفره
۵. تعیین عمق سطح آب
۶. بررسی اثر آبهای ساکن
۷. تعیین گرادیان هیدرولیکی
۸. بررسی اثر سنگ کف بر سطح سفره
۹. زهکشی طبیعی و مصنوعی بر سفره
۱۰. تغییرات شکل سنگ کف
۱۱. اثر تغییرات قابلیت نفوذ بر سطح سفره
۱۲. اثر پدیده های زمین شناسی
۱۳. اثر عدسی های رسی بر سفره
۱۴. خط تقسیم آب
۱۵. محاسبه قابلیت انتقال آبخوان (T)
۱۶. تعیین عمق سطح آب
۱۷. محاسبه دبی تراوش

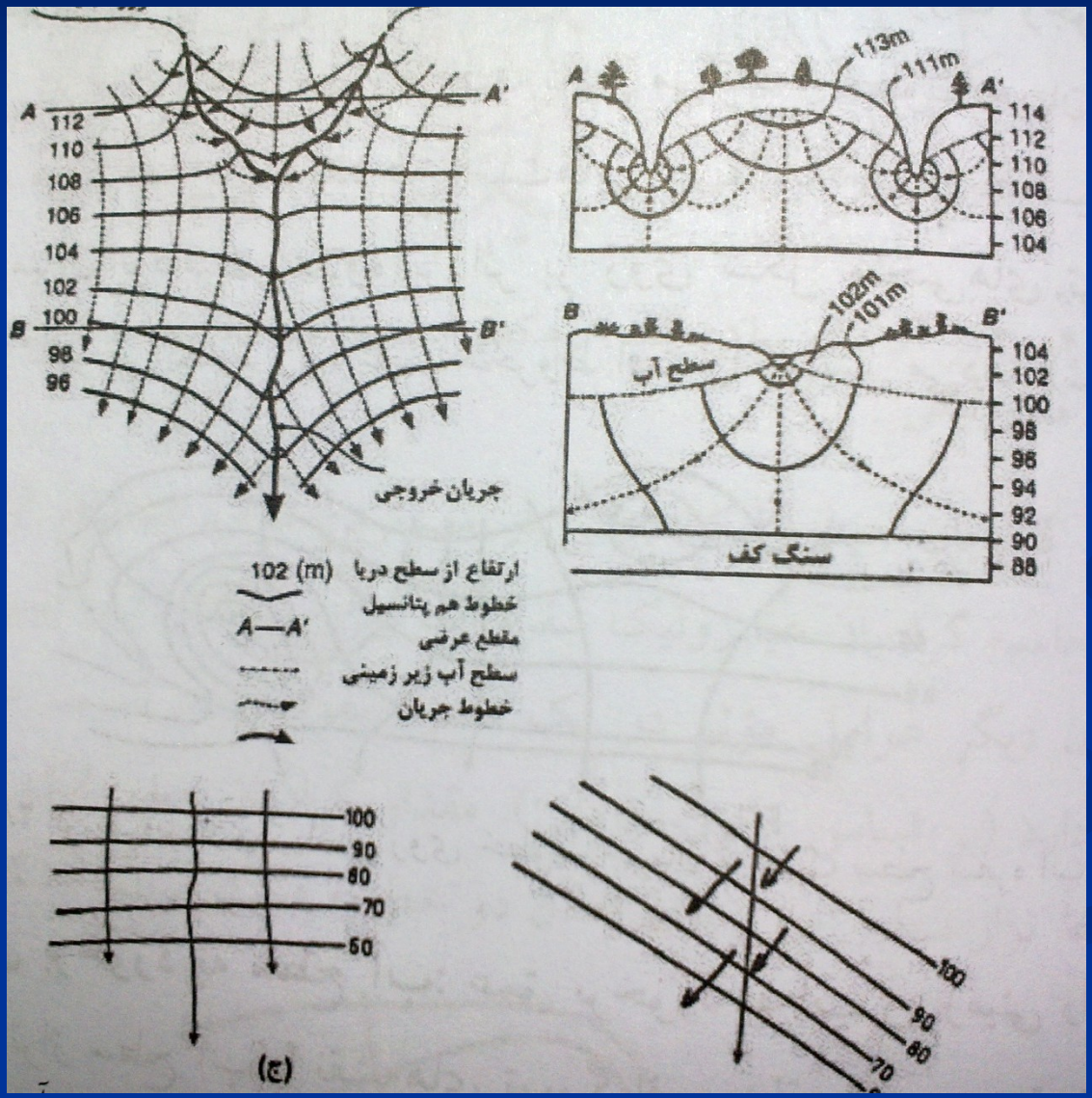
۱. تعیین جهت جریان آب زیرزمینی



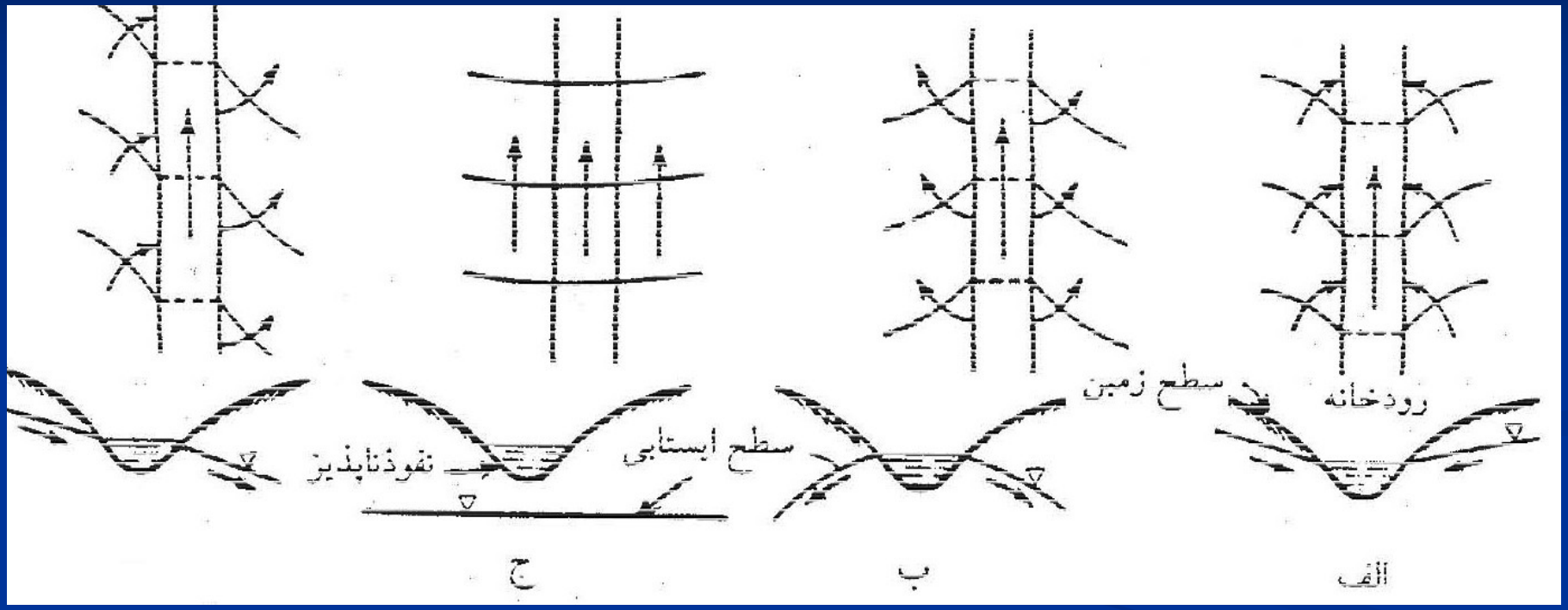




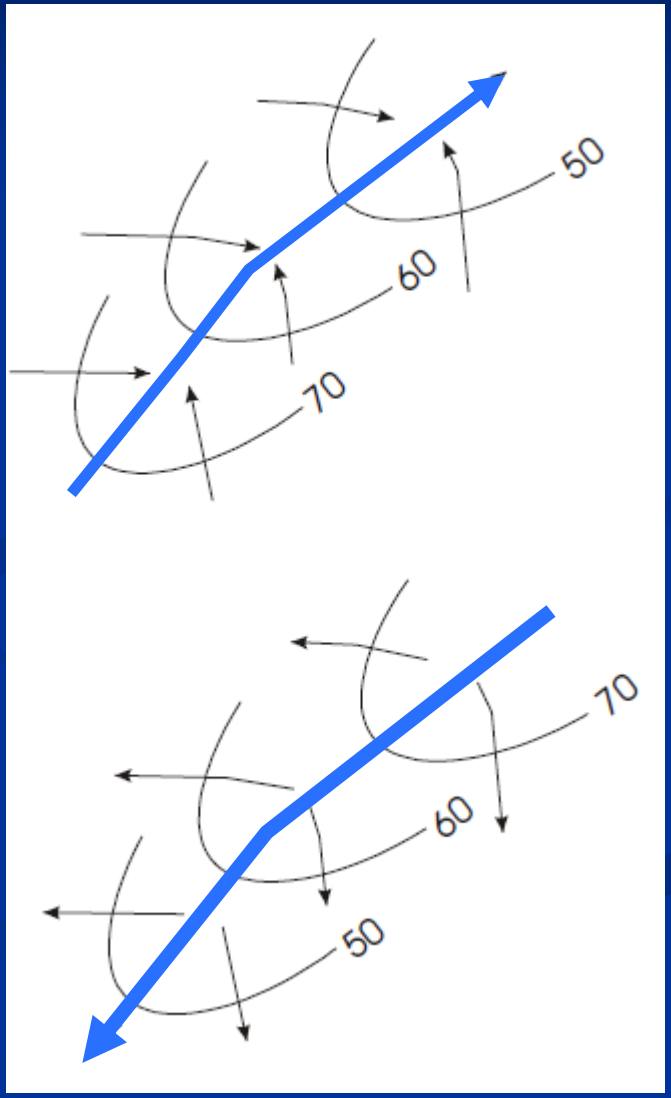
۲. اثر جریان سطحی بر آبخوان



۲. اثر جریان سطحی بر آبخوان

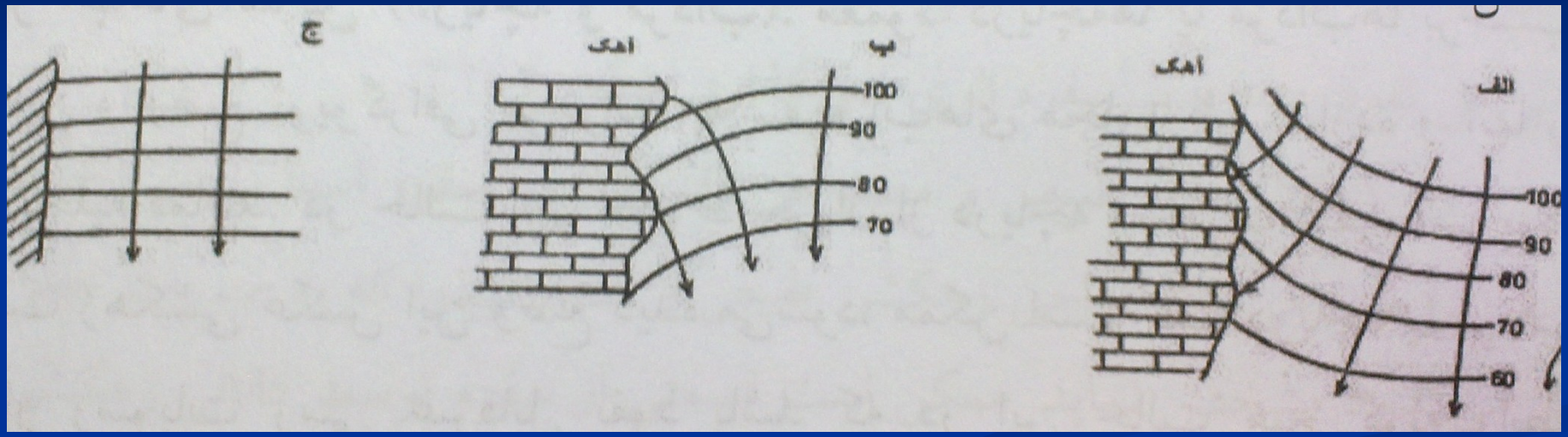


۲. اثر جریان سطحی بر آبخوان

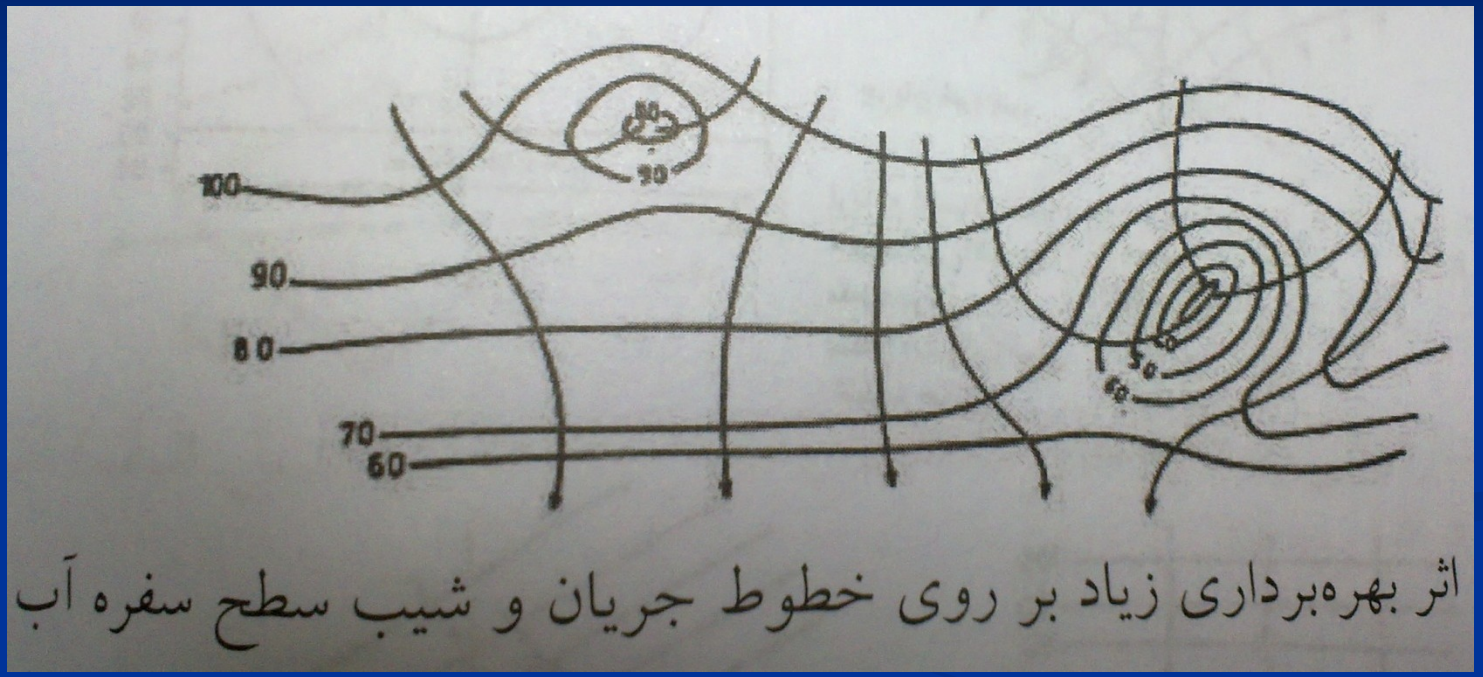


Horizontal flow net near gaining stream (also a discharge zone) (top) and losing stream (also a recharge zone) (bottom).

۳. اثر سازند بر خطوط تراز و جریان آب زیرزمینی

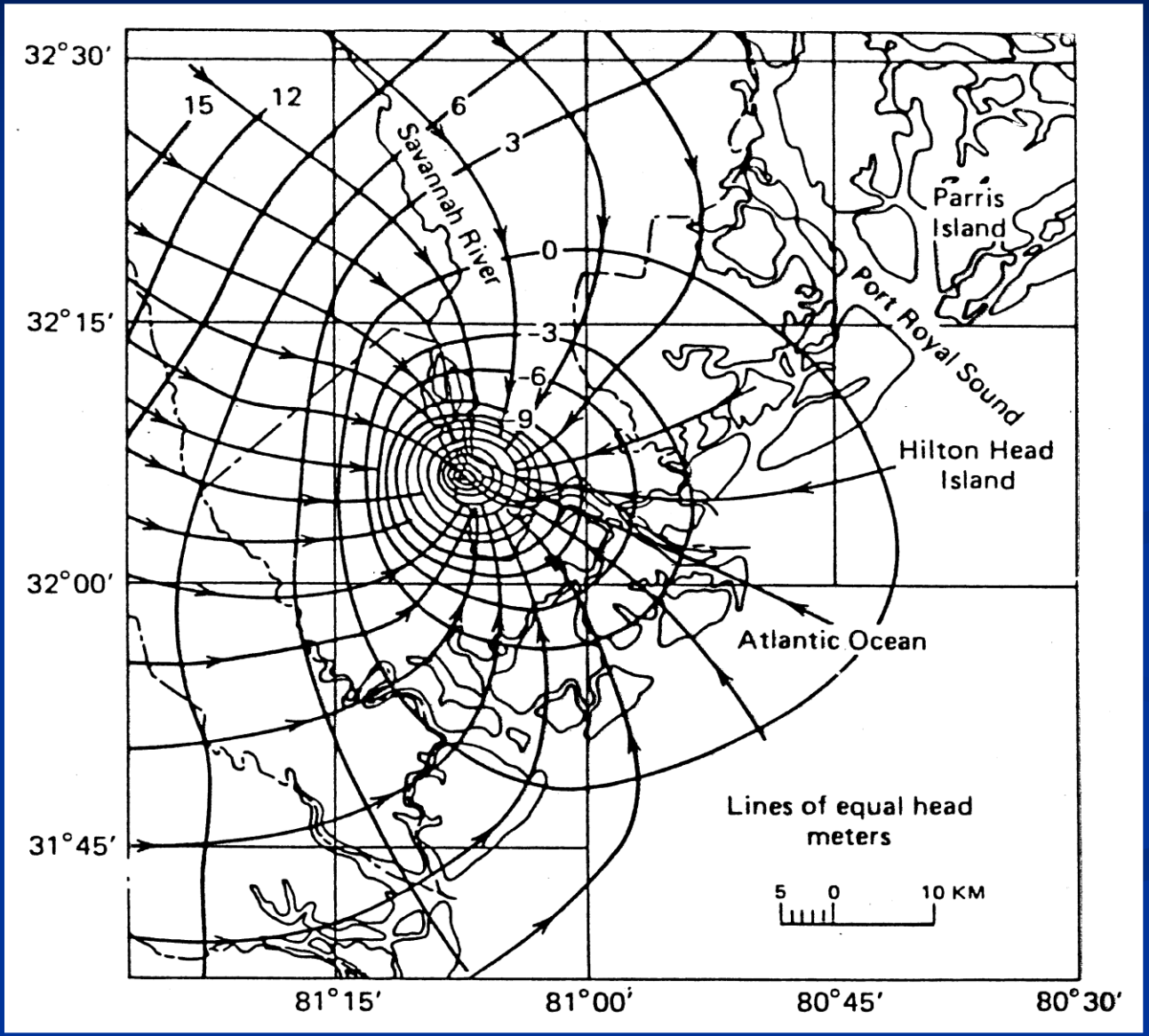


۴. بررسی اثر بهره برداری از سفره

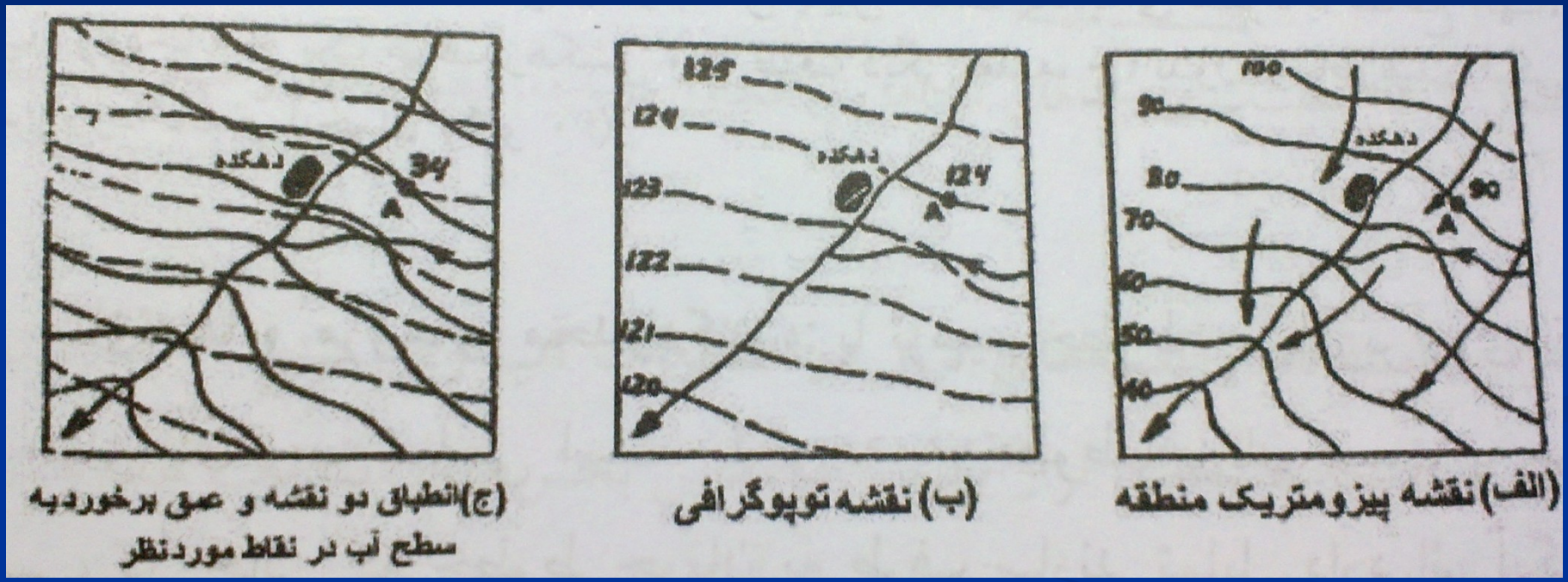


اثر بهره‌برداری زیاد بر روی خطوط جریان و شیب سطح سفره آب

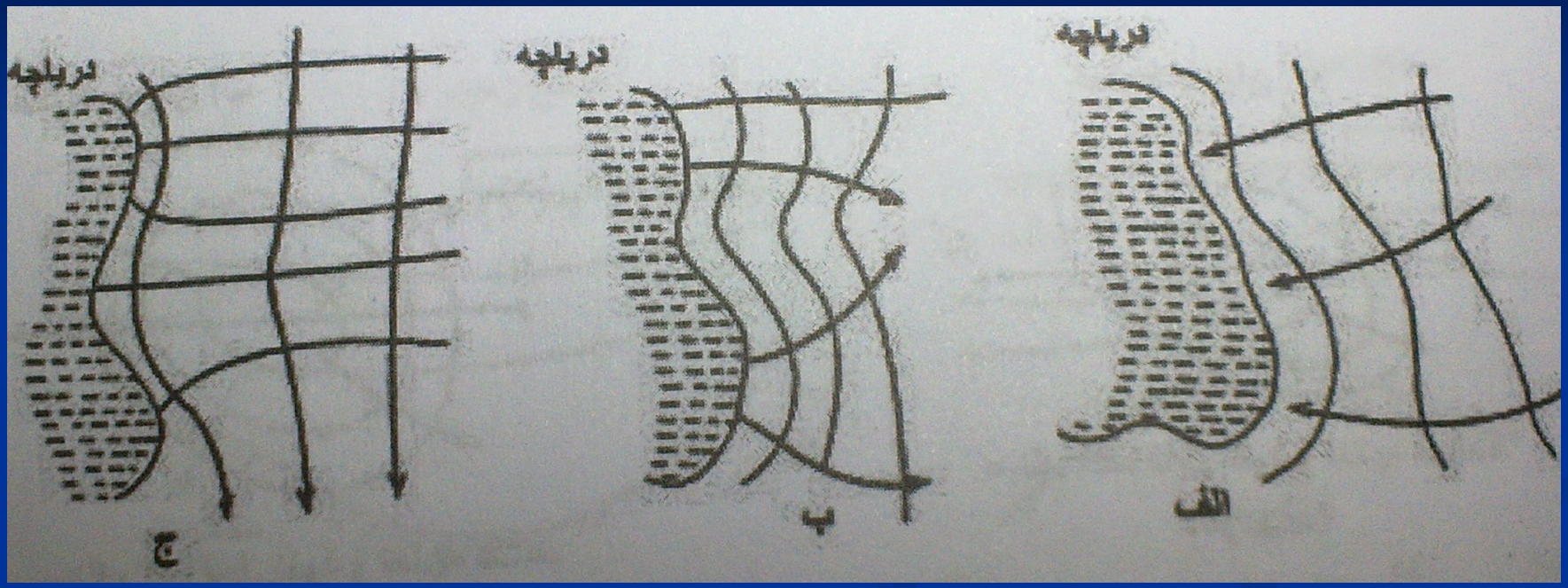
۴. بررسی اثر بهره برداری از سفره



۵. تعیین عمق سطح آب زیرزمینی



۶. بررسی اثر آبهای ساکن

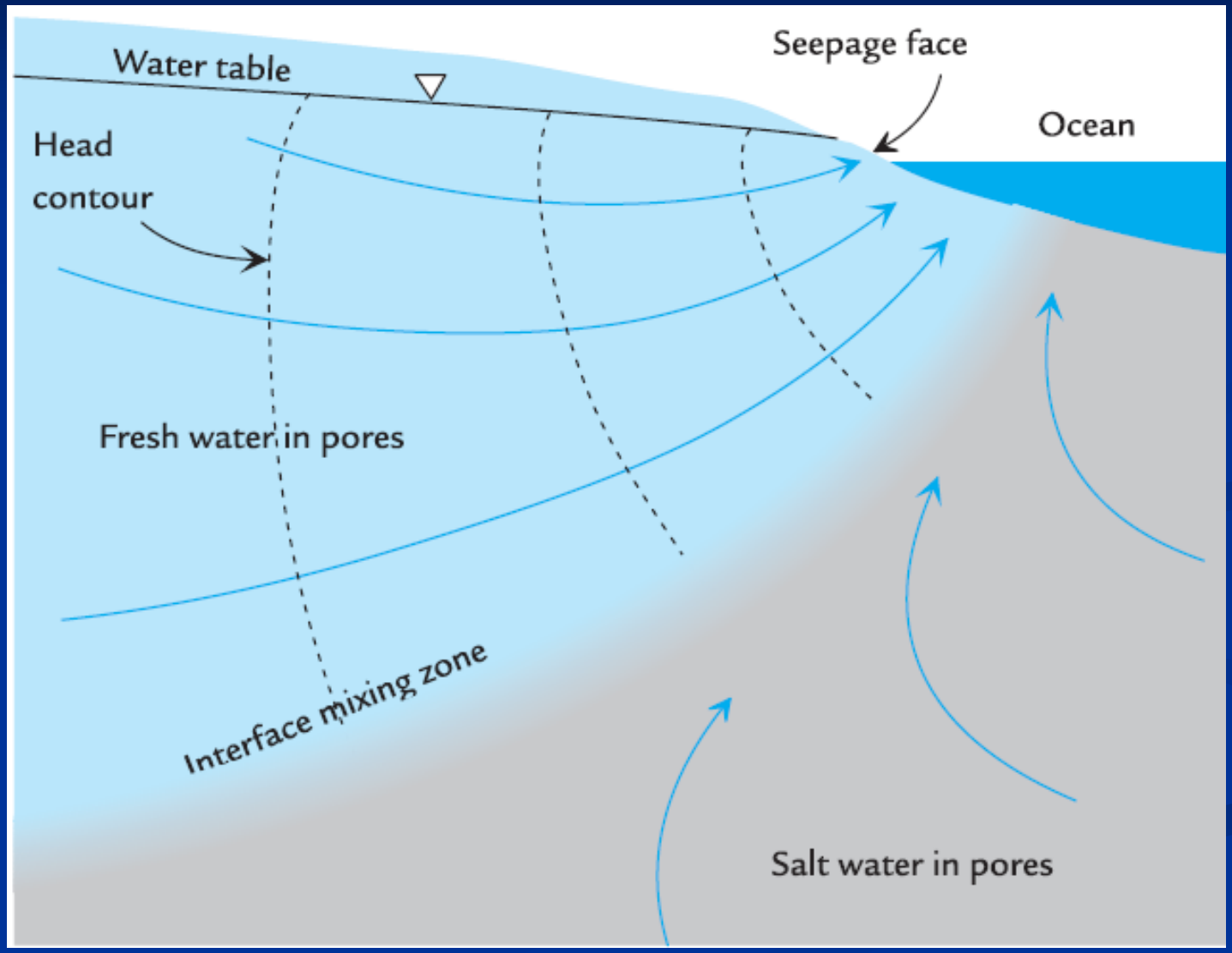


الف- تخلیه آبخوان

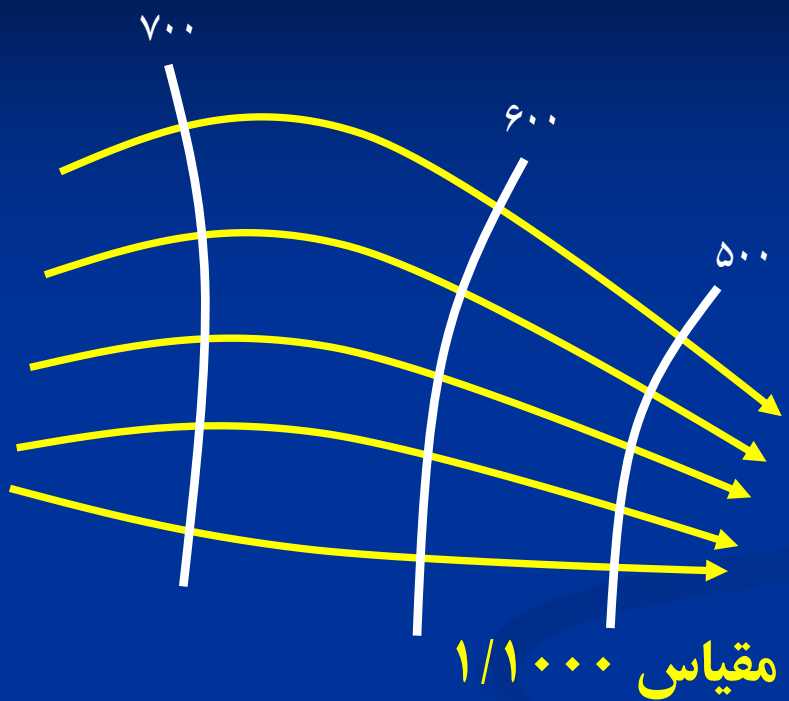
ب- تغذیه آبخوان

ج- فاقد ارتباط هیدرولیکی

۶. بررسی اثر آبهای ساکن

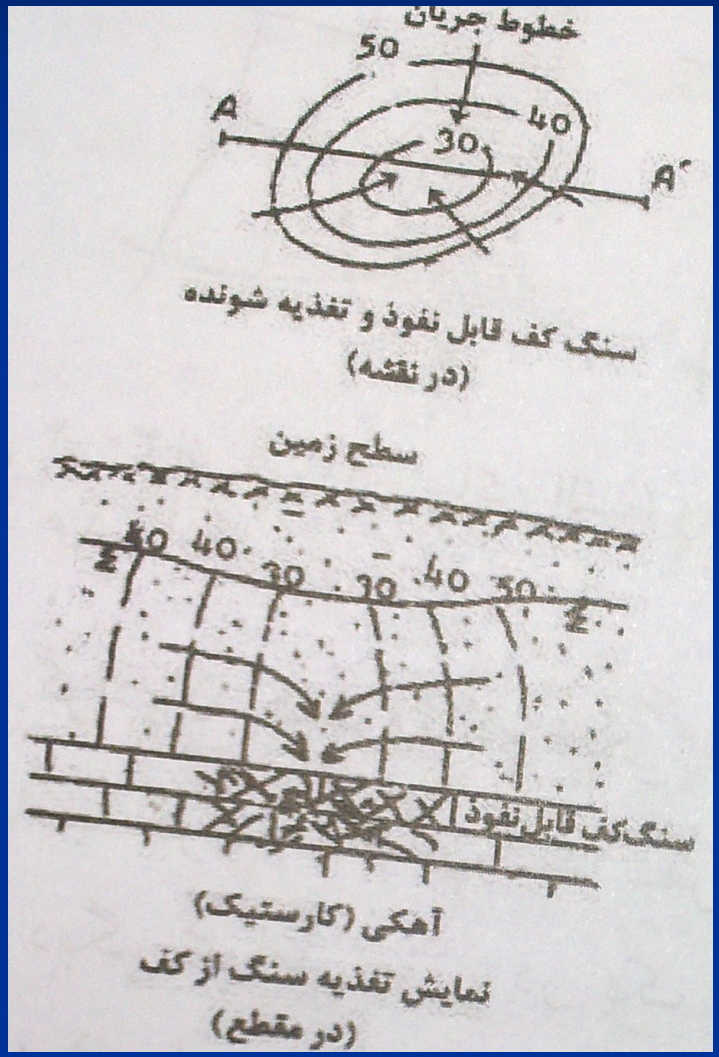


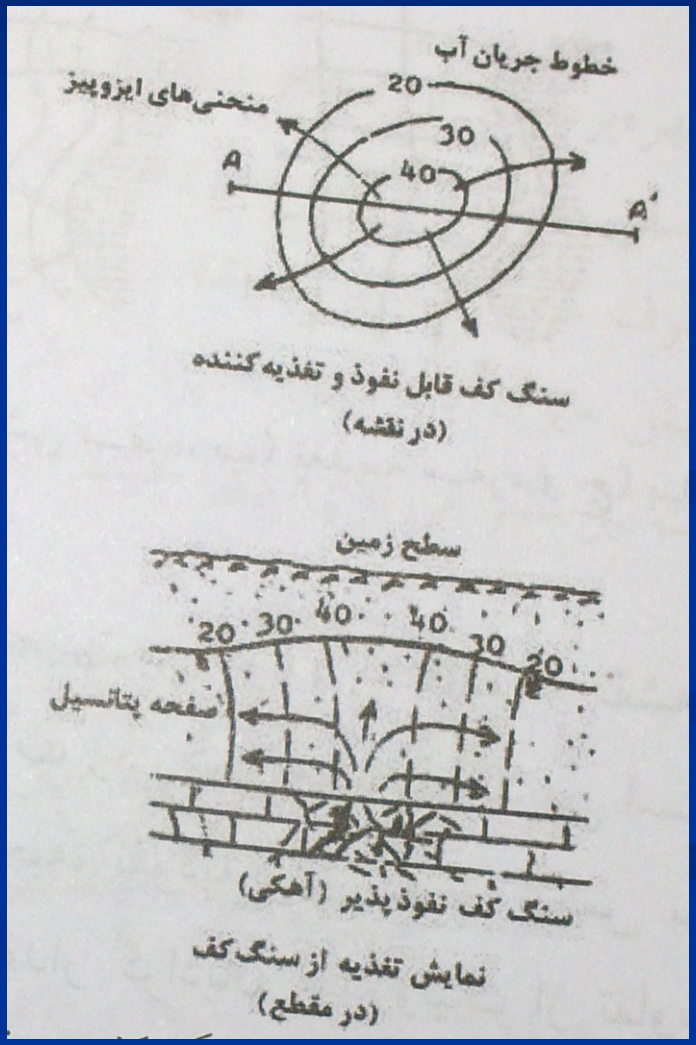
۷. تعیین گرادیان هیدرولیکی



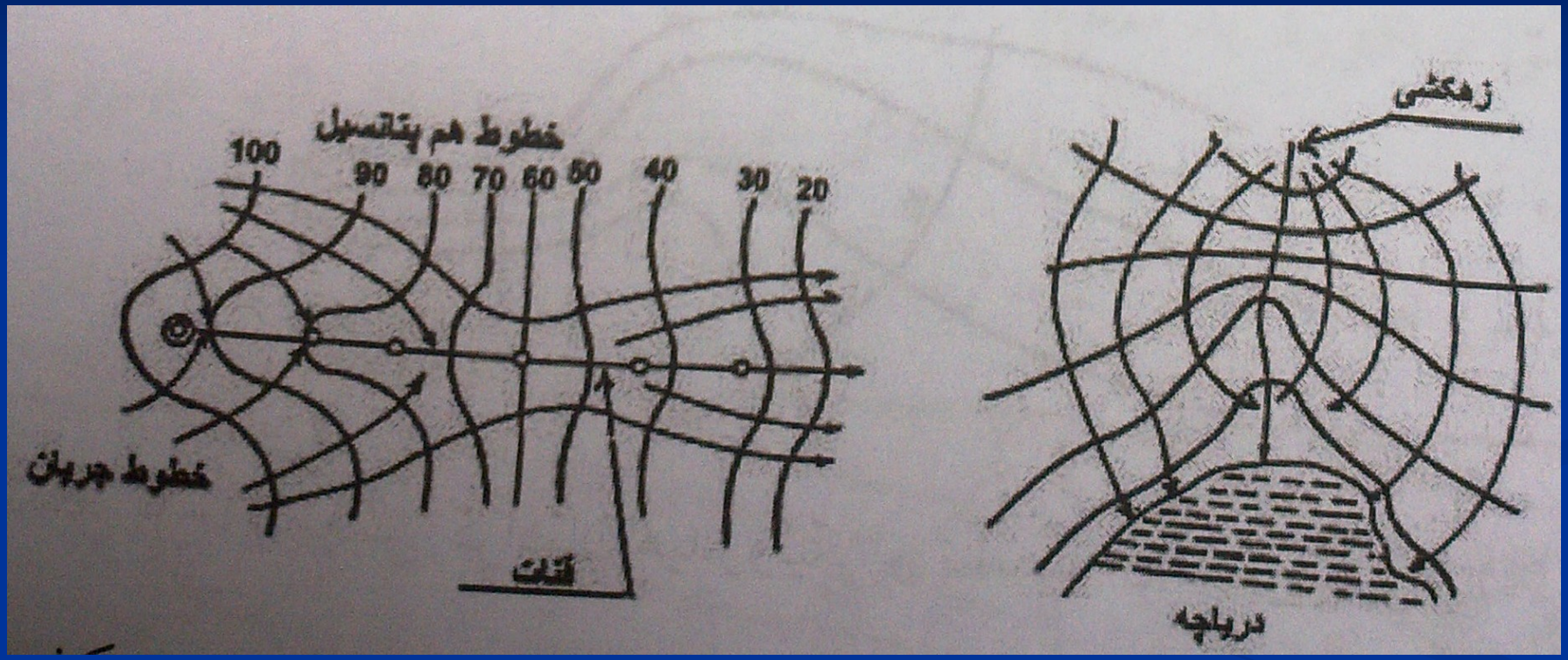
گرادیان در هر فاصله = اختلاف ارتفاع آب تقسیم بر فاصله افقی در زمین

۸. بررسی اثر سنگ کف بر سطح سفره

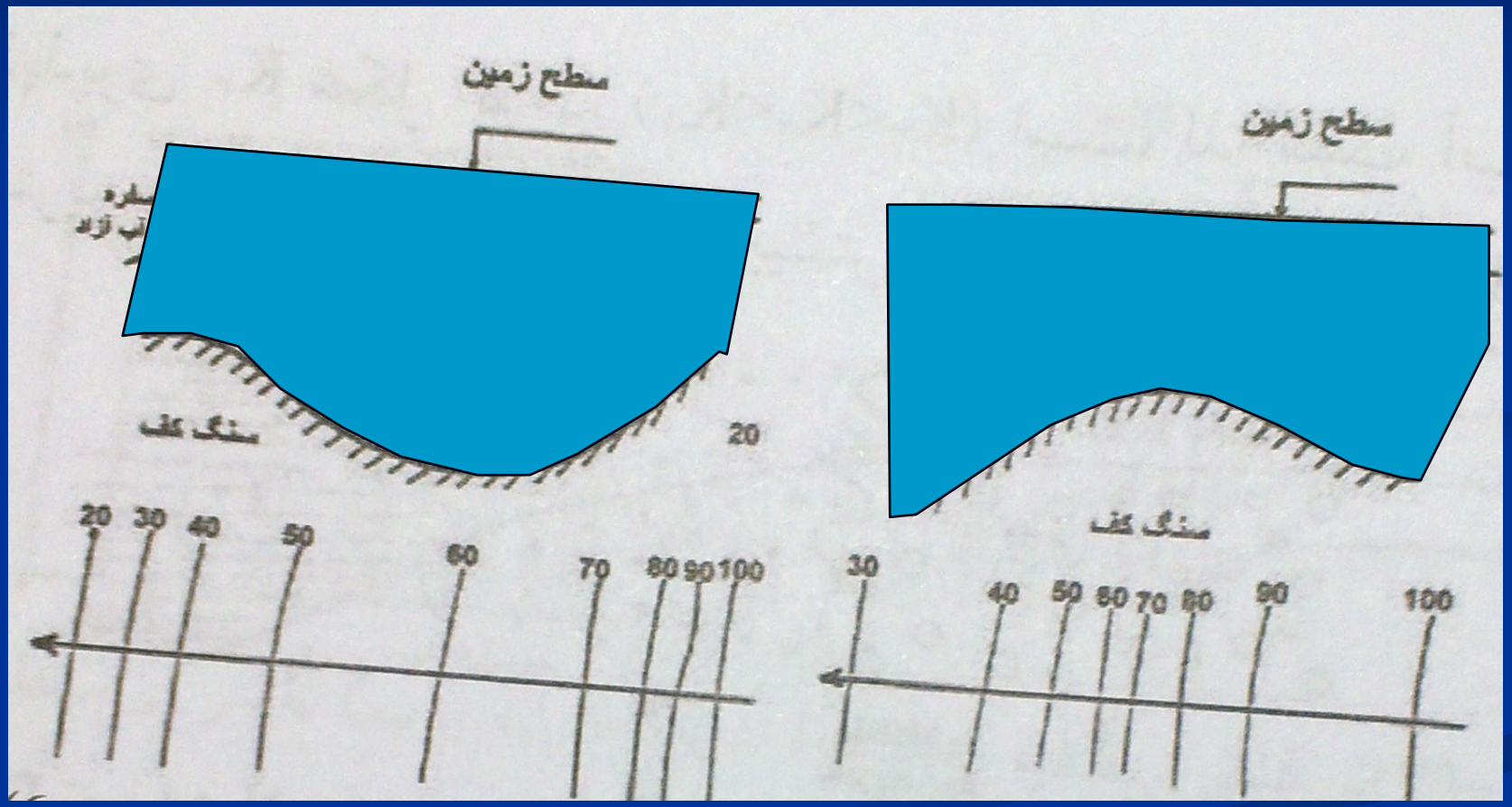




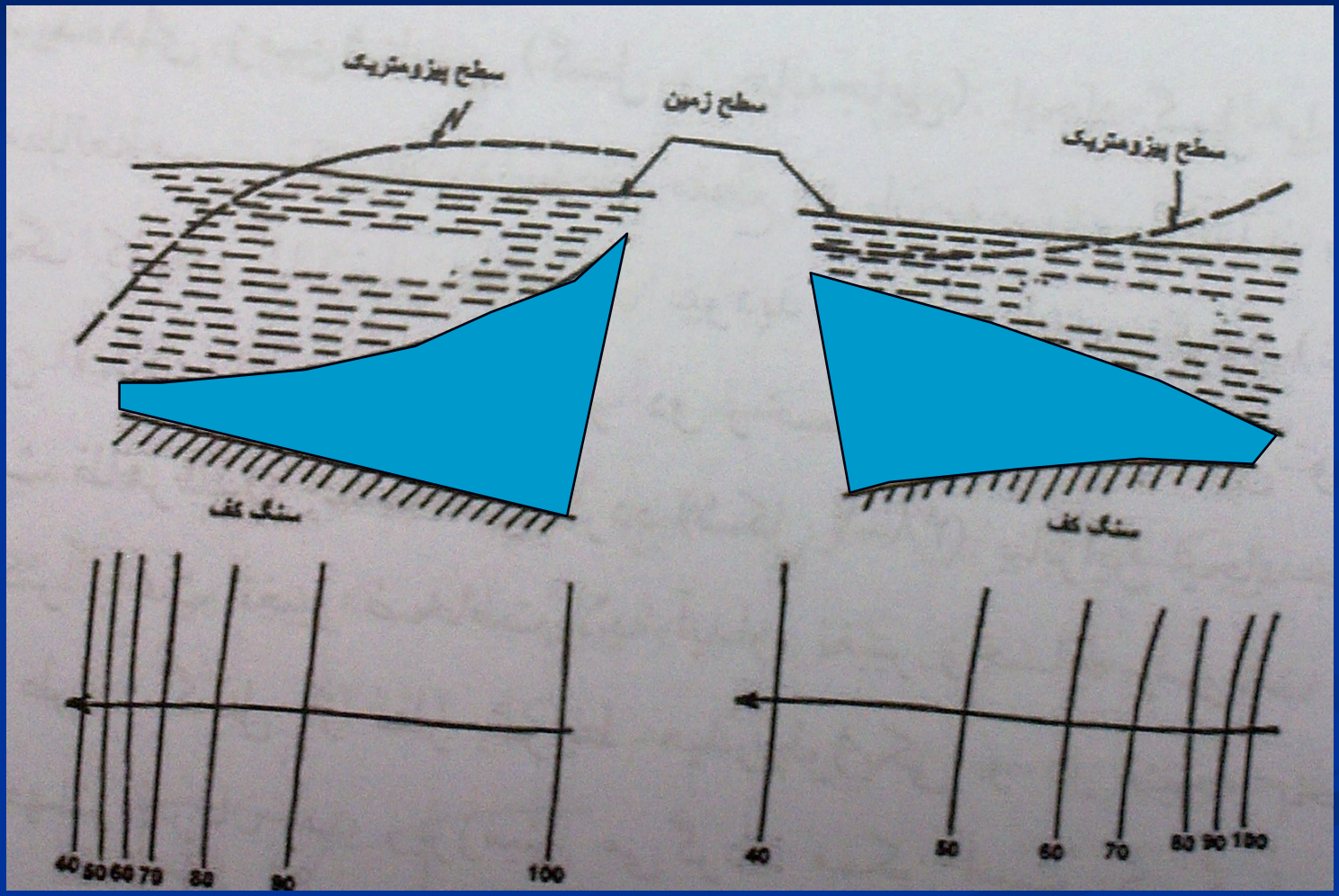
۹. زهکشی طبیعی و مصنوعی بر آبخوان



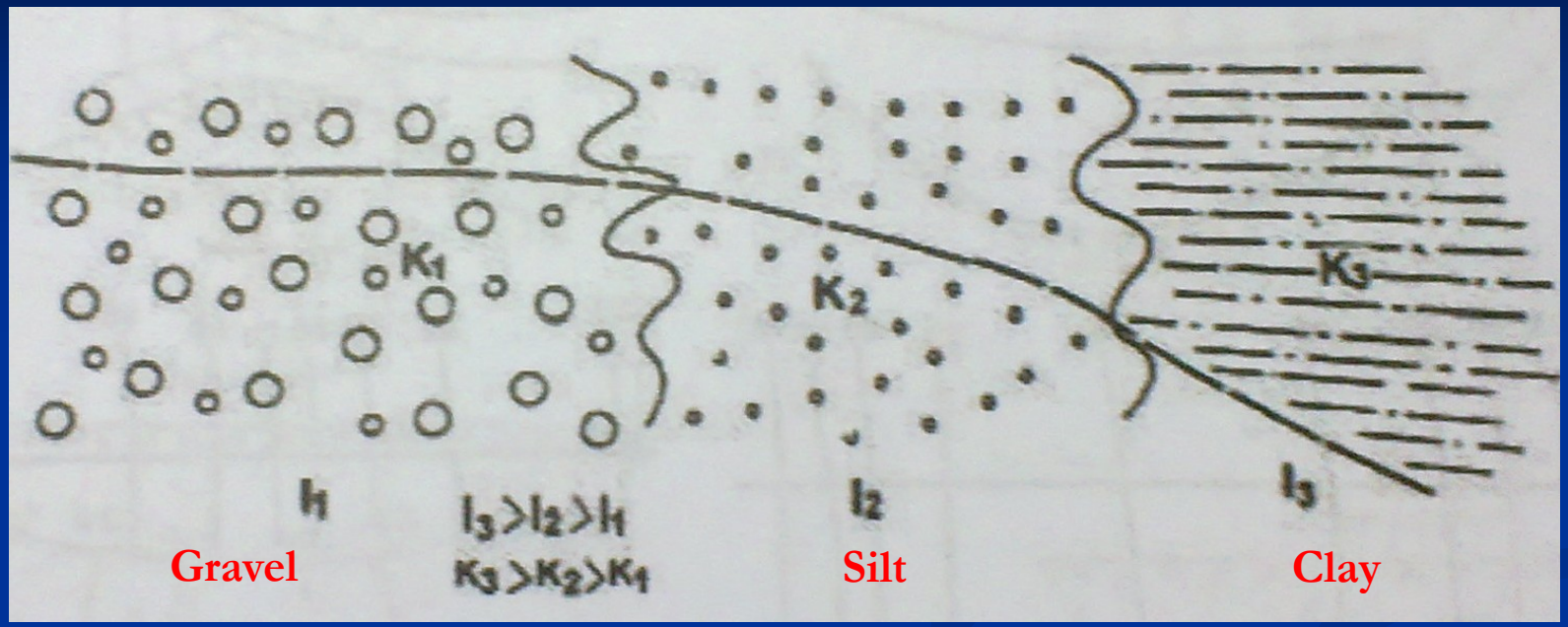
۱۰. اثر تغییرات شکل سنگ کف بر سطح سفره



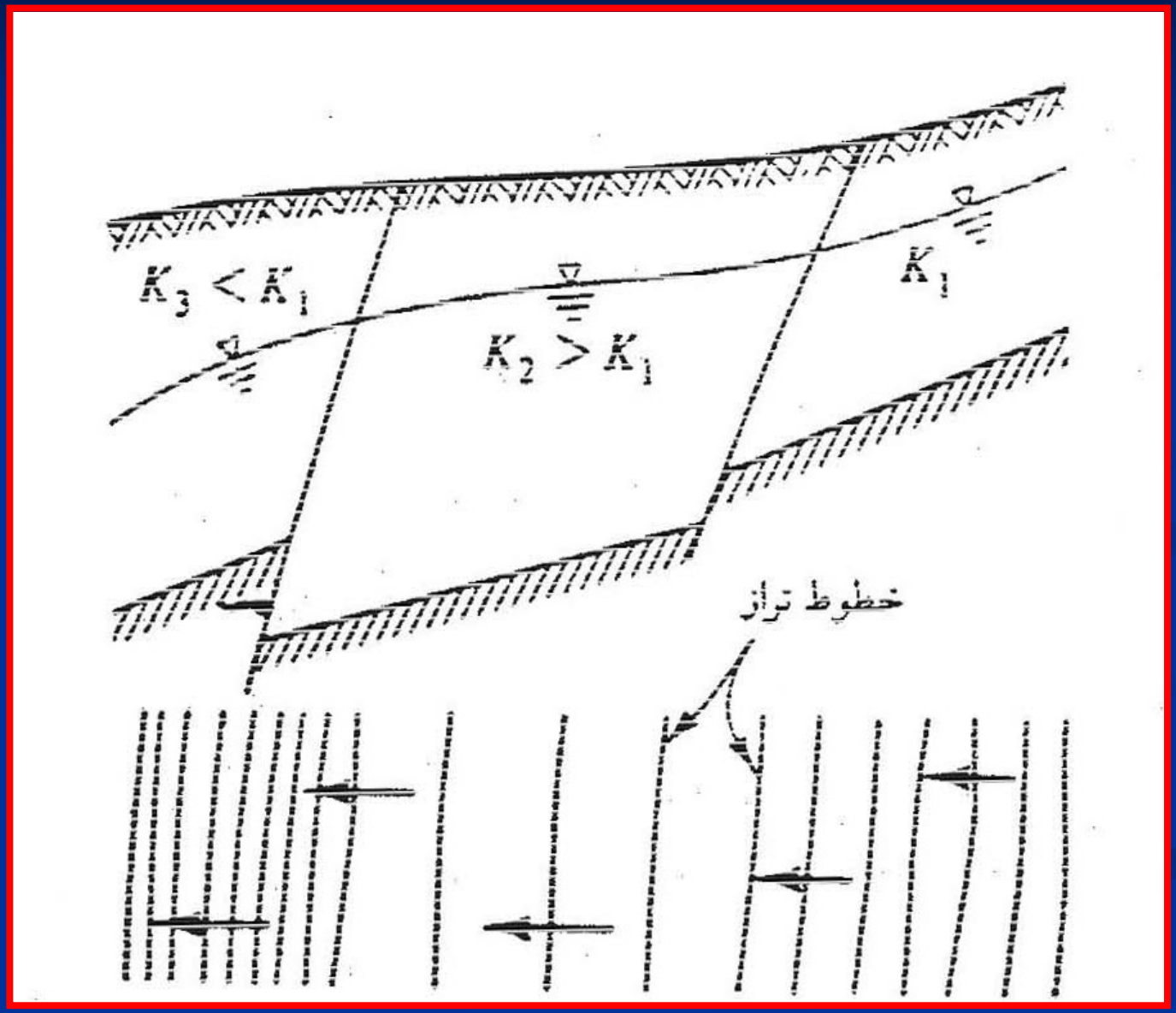
۱۰. اثر تغییرات شکل سنگ کف بر سطح سفره



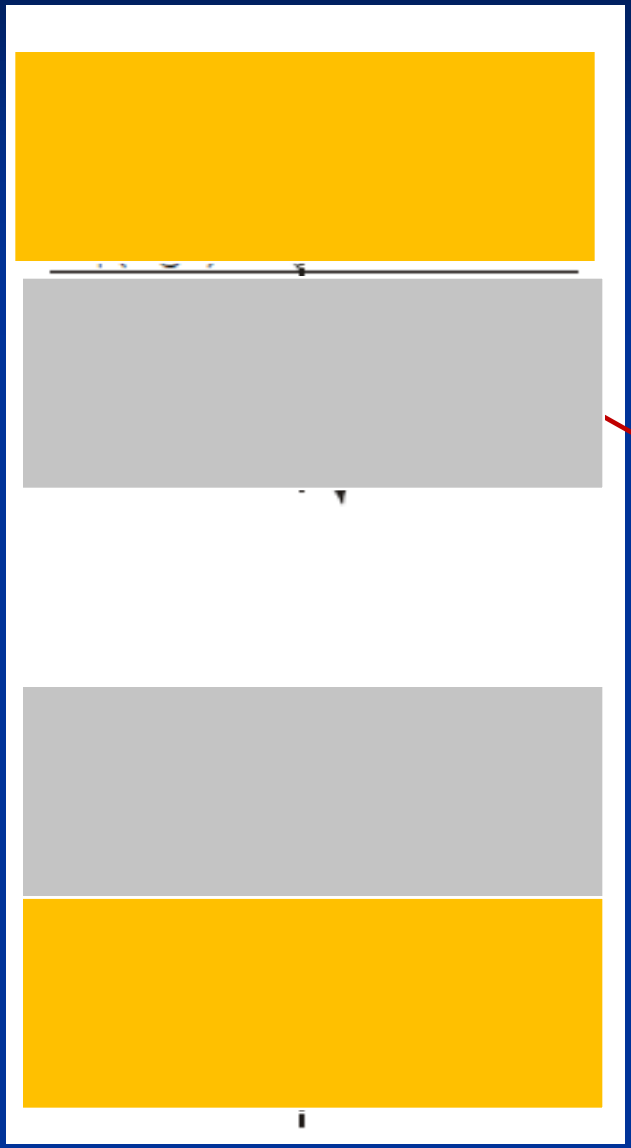
۱۱. اثر تغییرات قابلیت نفوذ بر سطح سفره



۱۱. اثر تغییرات قابلیت نفوذ بر سطح سفره



۱۱. اثر تغییرات قابلیت نفوذ بر سطح سفره

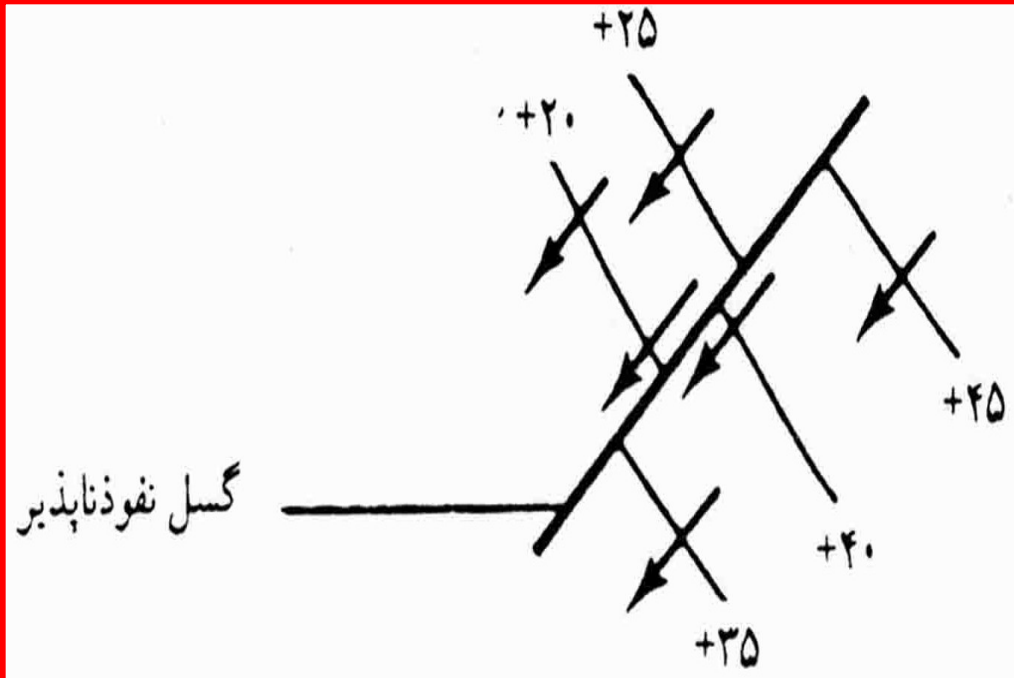


$$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{K_1}{K_2}$$

Example 4.5: A flow line approaches an interface at 34 degrees (measured from a perpendicular to the interface). If the hydraulic conductivity of the first layer is 7 m/d, and that of the second layer is 1 m/d, calculate the angle between the flow line and perpendicular as it travels through layer 2.

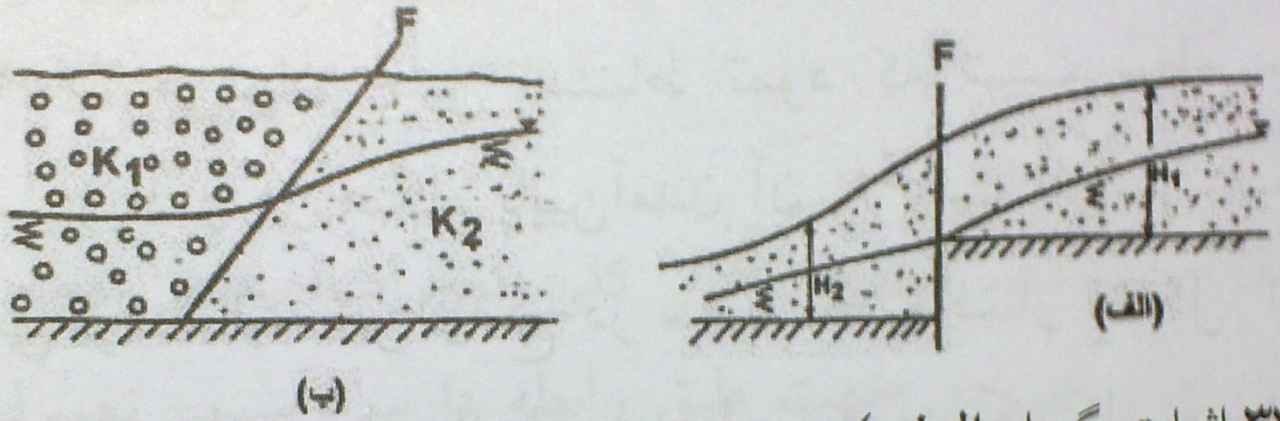
$$\frac{\tan\theta_1}{\tan\theta_2} = \frac{K_1}{K_2} \Rightarrow \theta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{K_2 \tan\theta_1}{K_1}\right) = 5.5 \text{ degrees}$$

۱۲. اثر ساختارهای زمین شناسی

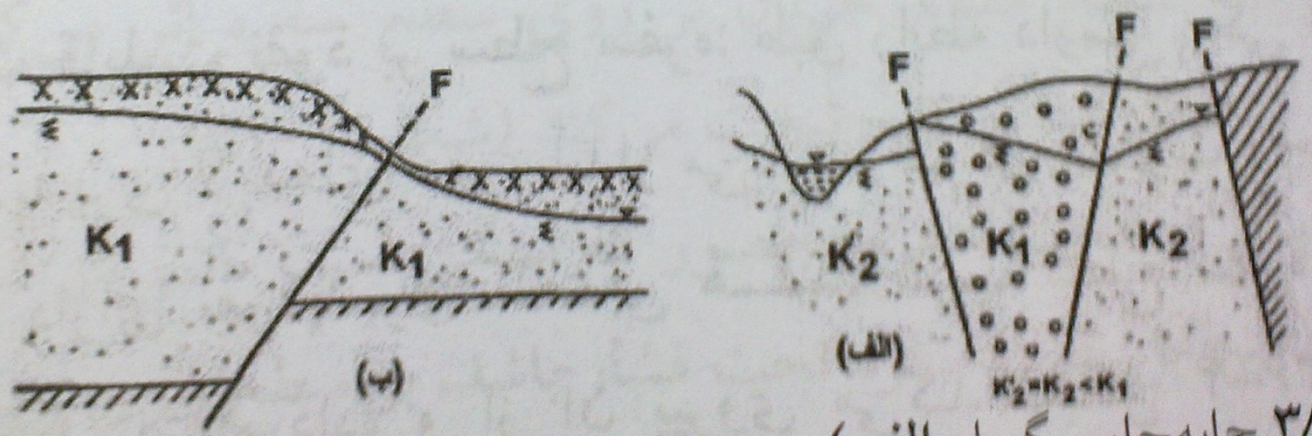


اختلاف سطح ایستابی در طرفین یک گسل نفوذناپذیر

۱۲. اثر ساختارهای زمین شناسی

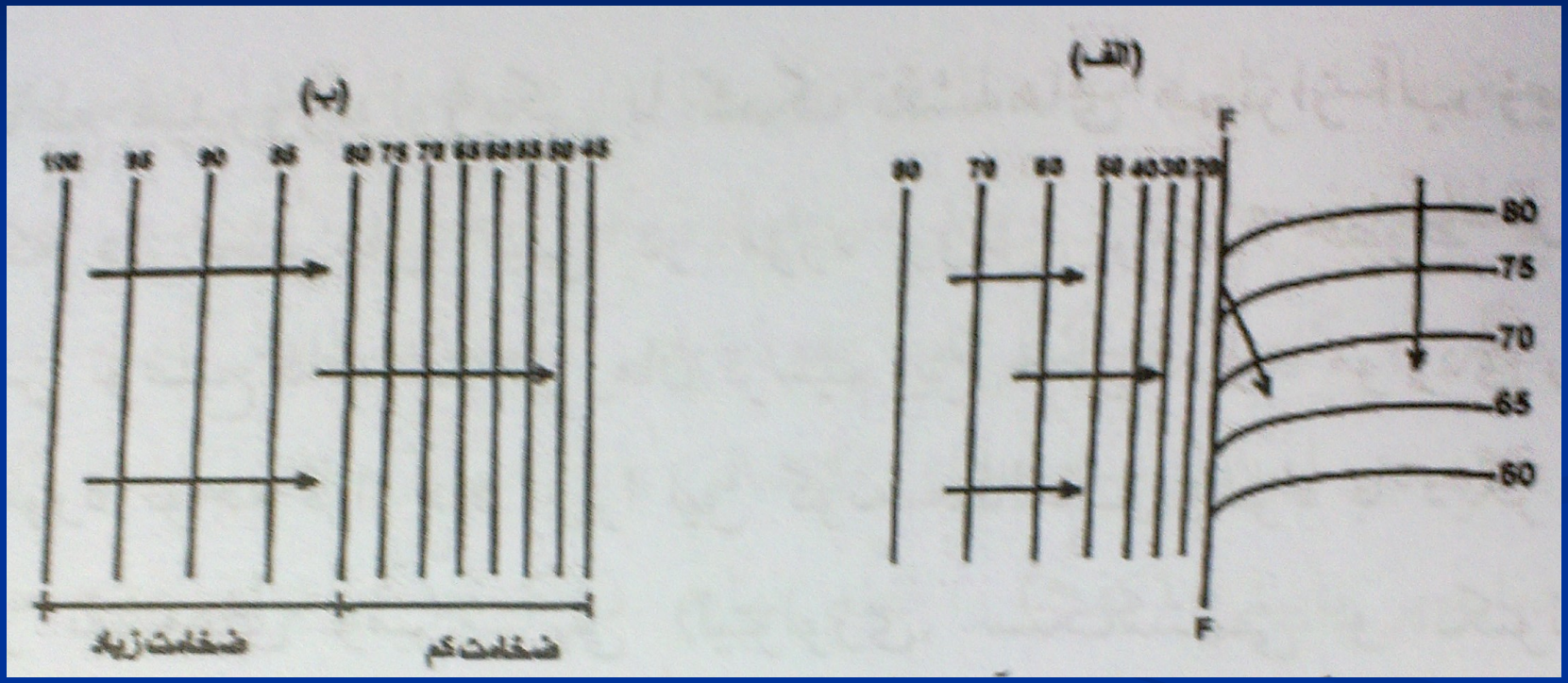


شکل ۴-۳۷ اثرات گسل الف) تغییر سطح مقطع جریان و ب) تغییر در میزان نفوذپذیری (6)

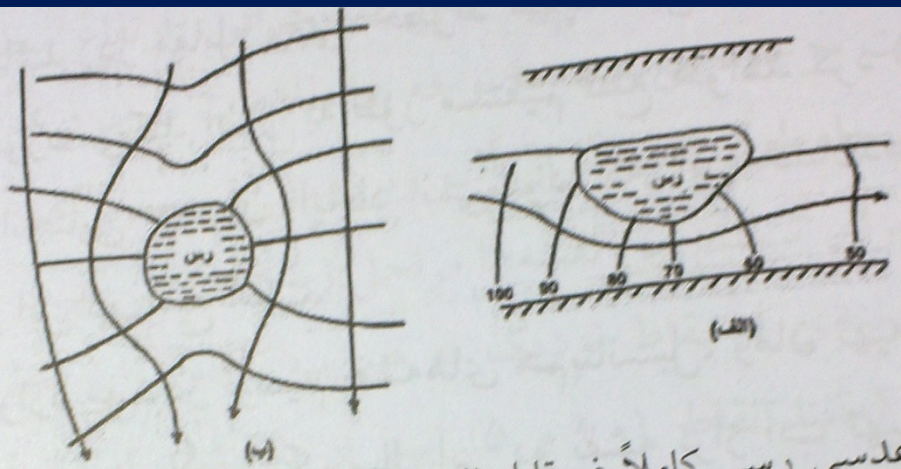


شکل ۴-۳۸ جابه‌جایی گسل الف) سبب تغییر رخساره و ب) ظاهرشدن چشمه می‌شود (6)

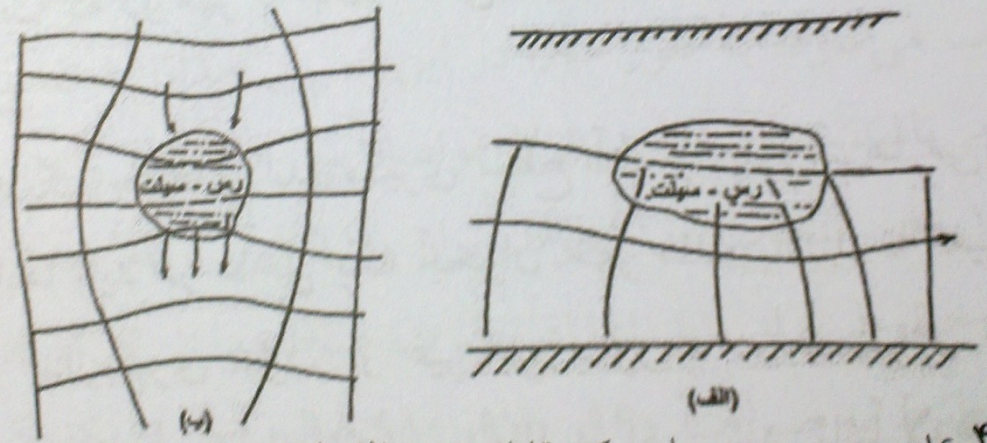
۱۲. اثر ساختارهای زمین شناسی



۱۳. اثر عدسی های رسی بر آبخوان

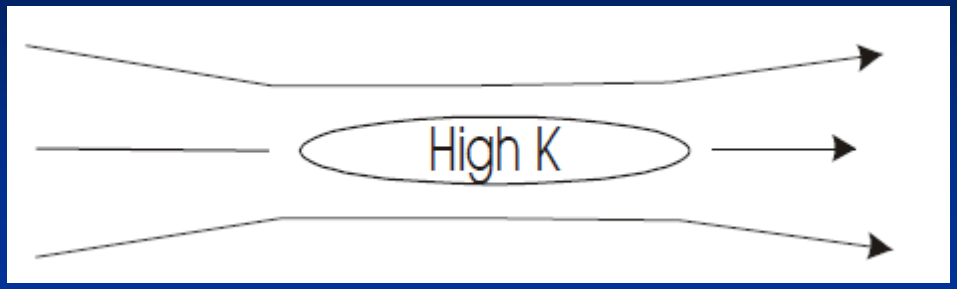


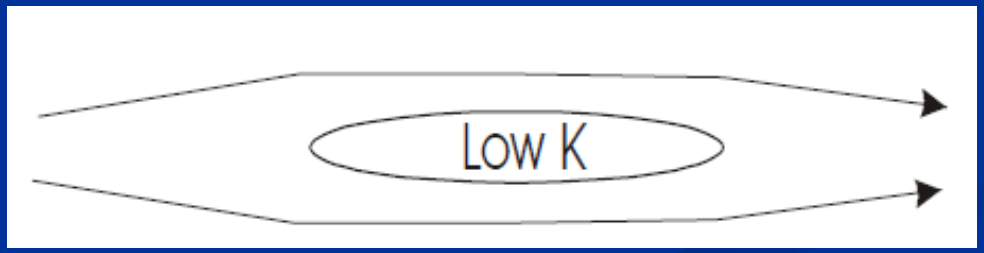
شکل ۴-۴۰ عدسی رسی کاملاً غیرقابل نفوذ الف) مقطع، ب) نقشه تراز سط
ایستابی (۴ و 6)



کل ۴-۴۱ عدسی رسی- سیلتی کم قابل نفوذ. الف) مقطع، ب) نقشه تراز سطح
ستابی (۴ و 6)

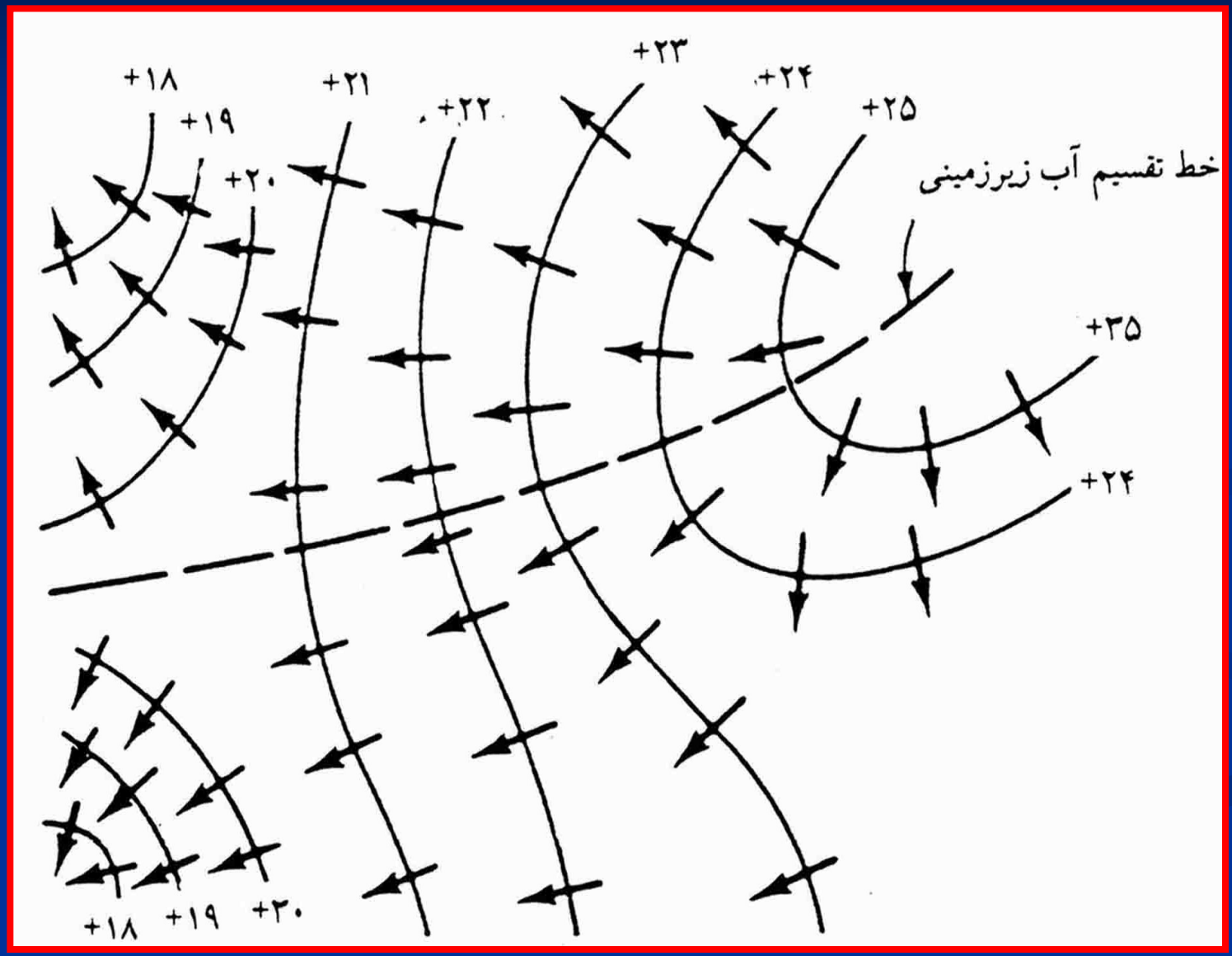
۱۳. اثر عدسی ها بر آبخوان



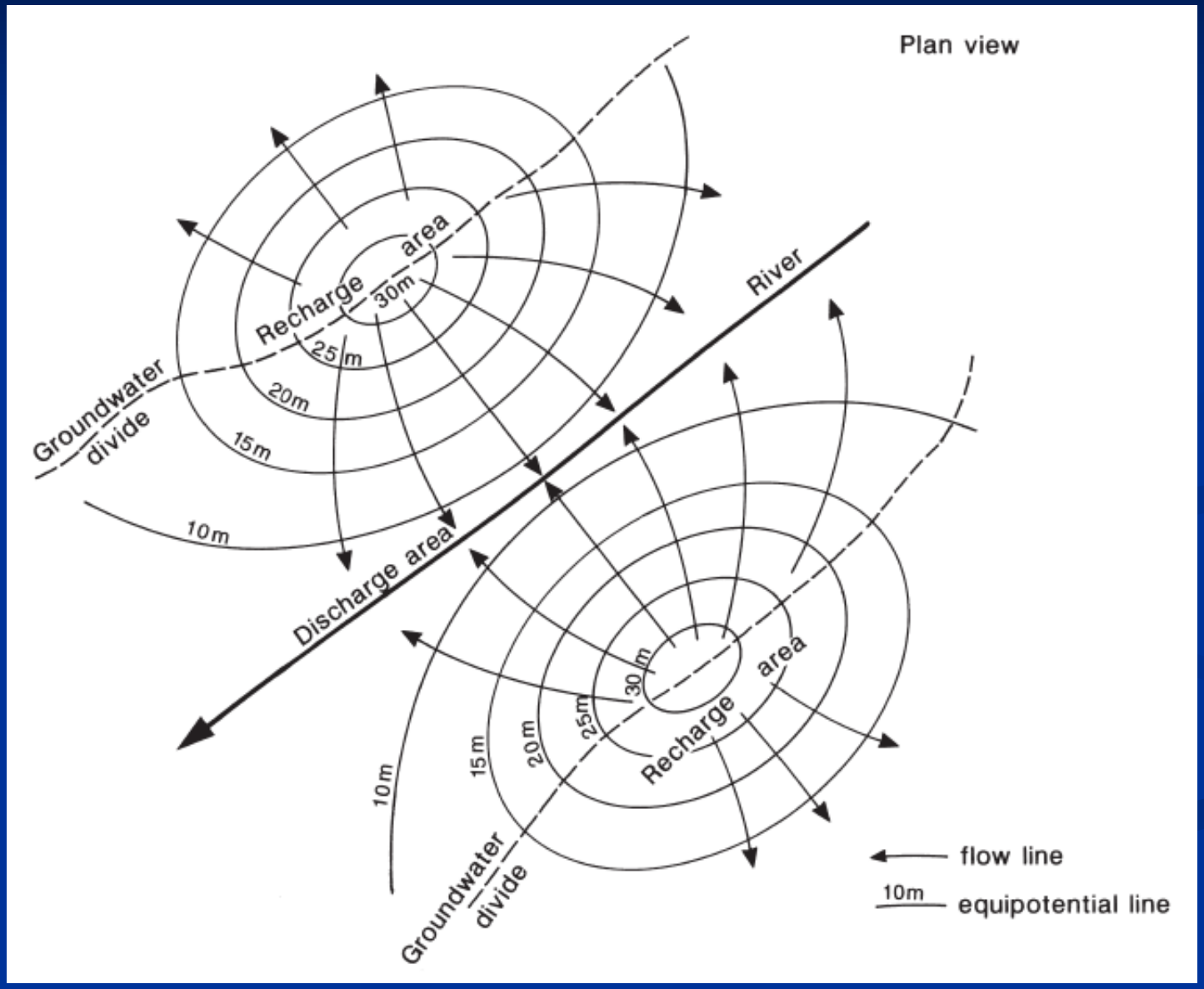


Flow-line refraction near high-K and low-K lenses.

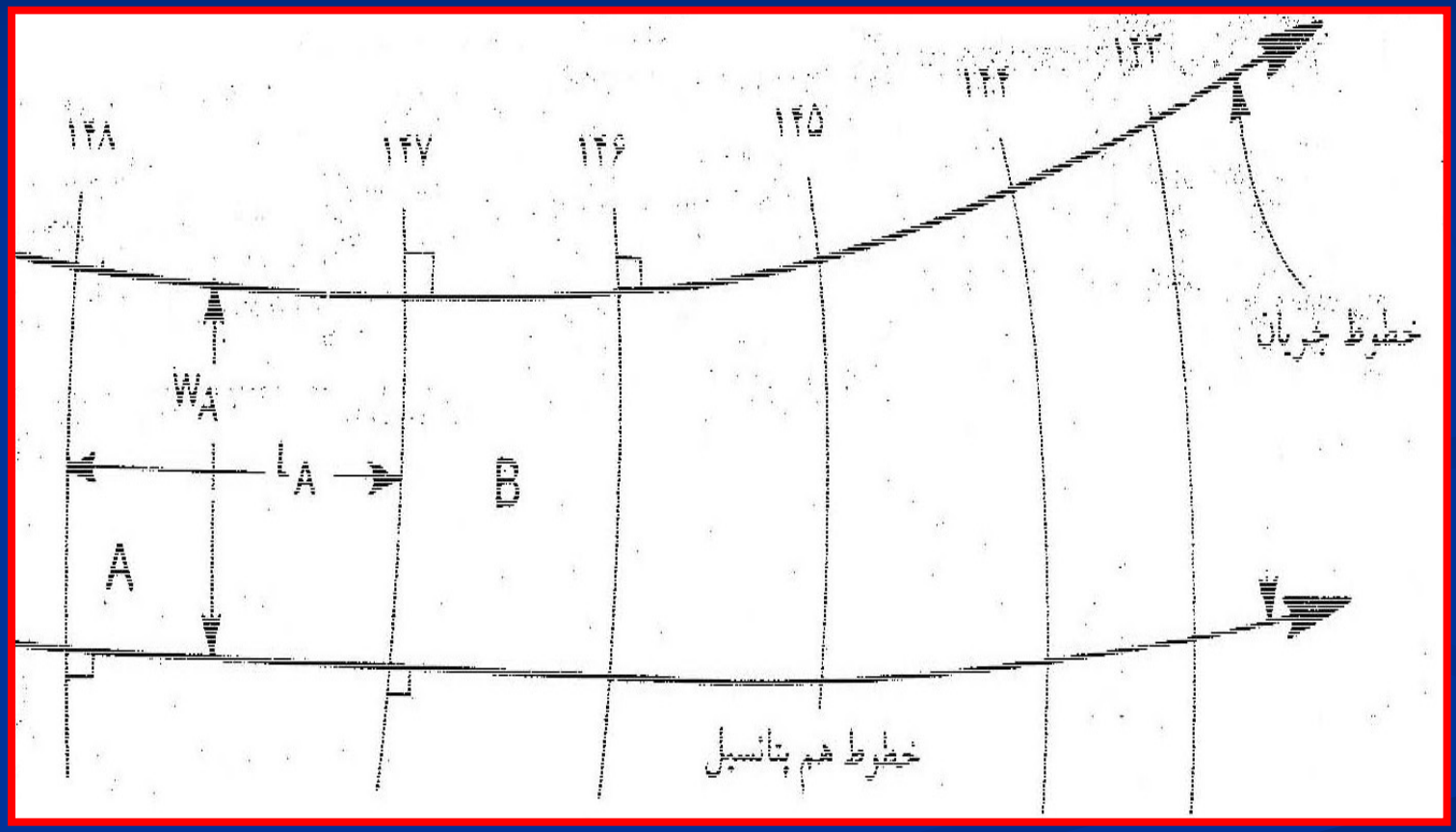
۱۴. خط تقسیم آب



۱۴. خط تقسیم آب



۱۵. محاسبه قابلیت انتقال آبخوان (T)



۱۵. محاسبه قابلیت انتقال آبخوان (T)

$$Q_A = T_A W_A \Delta H_A / L_A$$

- Q_A: جریان در قطعه A
- T_A: ضریب آبگذری در قطعه A
- W_A : عرض متوسط قطعه
- L_A: طول متوسط قطعه
- ΔH_A: افت تراز آبزیرزمینی درطول قطعه

۱۵. محاسبه قابلیت انتقال آبخوان (T)

به همین ترتیب جریان درقطعه B نیز محاسبه می شود.

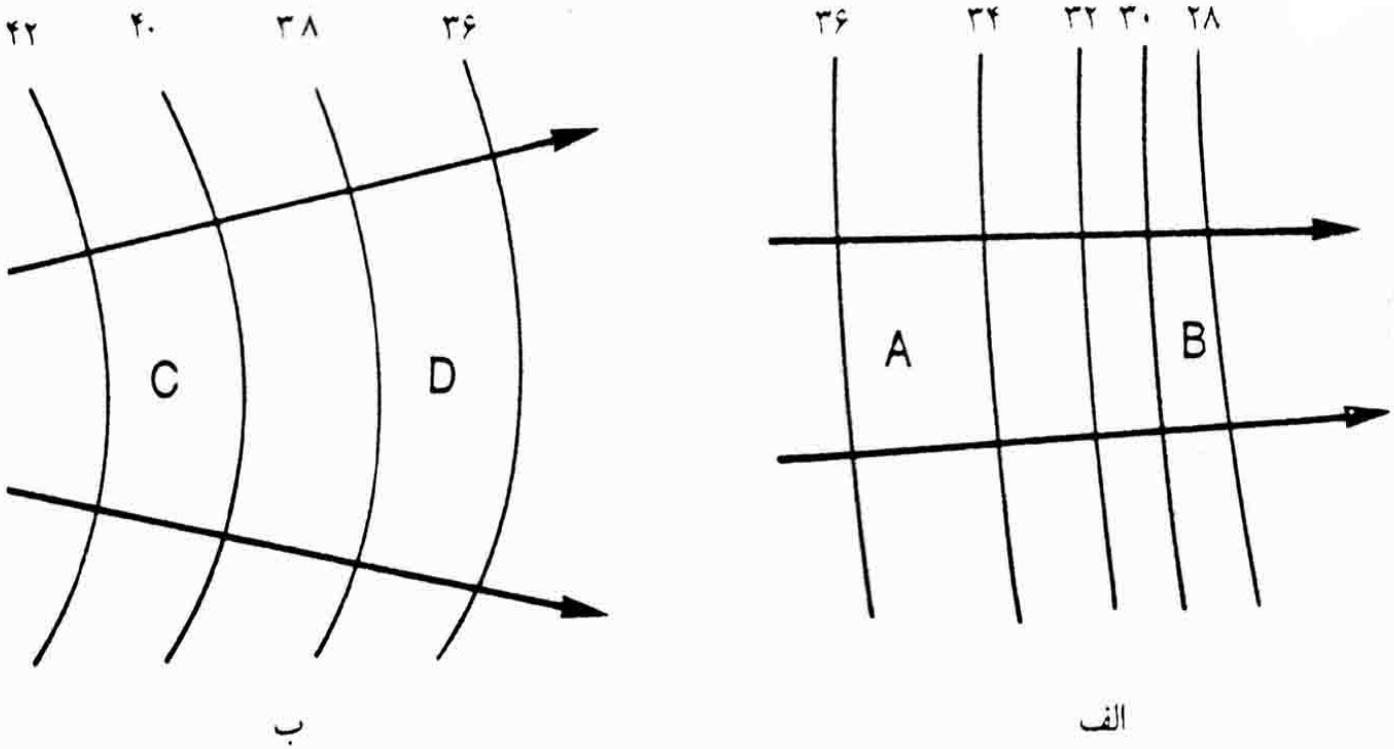
$$Q_B=T_B W_B \Delta H_B / L_B$$

با تقسیم دو معادله فوق و حل آن برای T_Bداریم:

$$T_B=Q_B L_B W_A \Delta H_A / Q_A L_A W_B \Delta H_B \times T_A$$

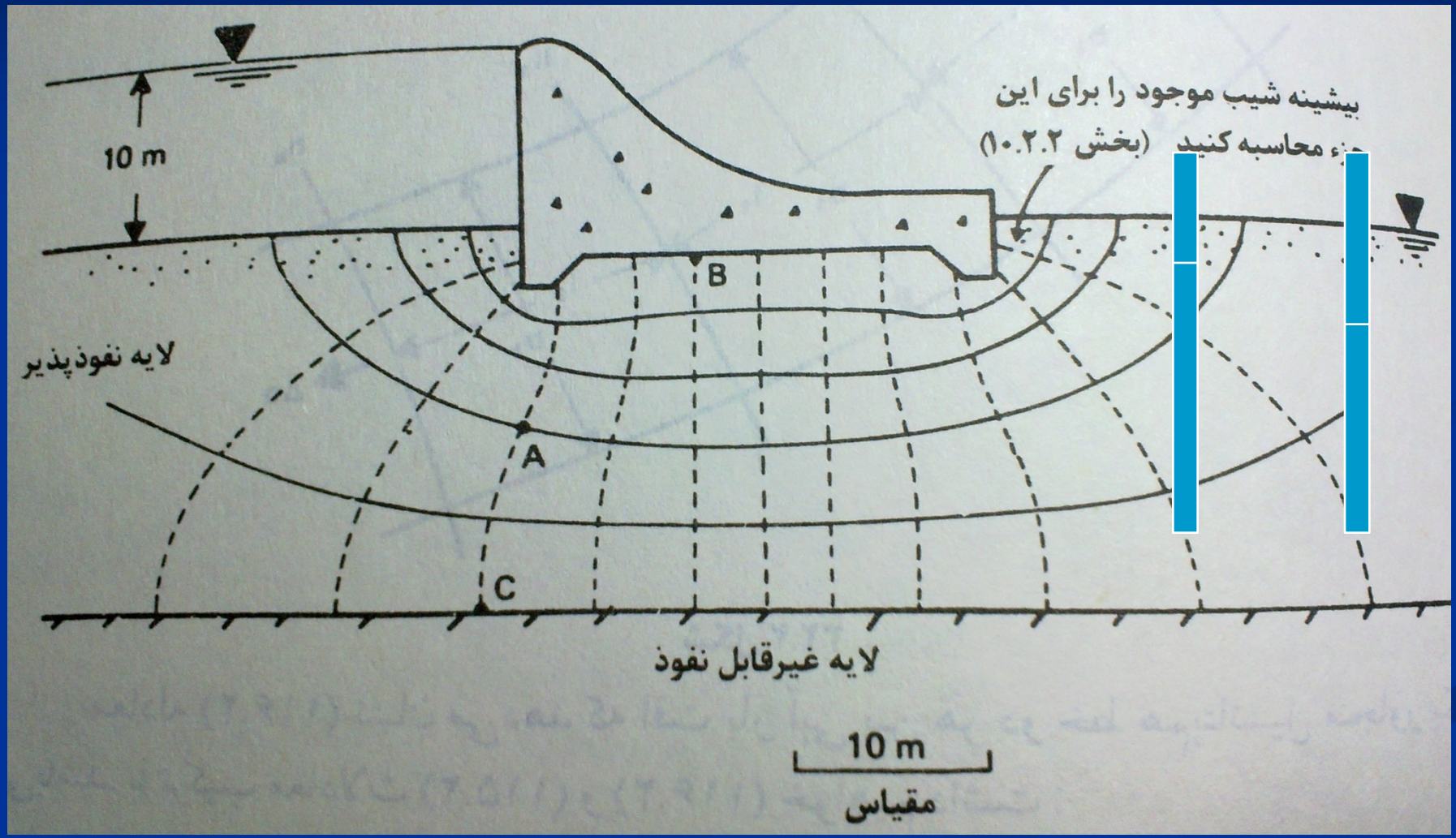
- ✓ نسبت Q_B/Q_A در رابطه فوق نمایانگر تغییرات نسبی در لوله جریان بر اثر تخلیه یا تغذیه آب زیر زمینی است.
- ✓ -هر چه فاصله خطوط جریان بیشتر شود مقدار **T** کمتر می شود.

۱۵. محاسبه قابلیت انتقال آبخوان (T)

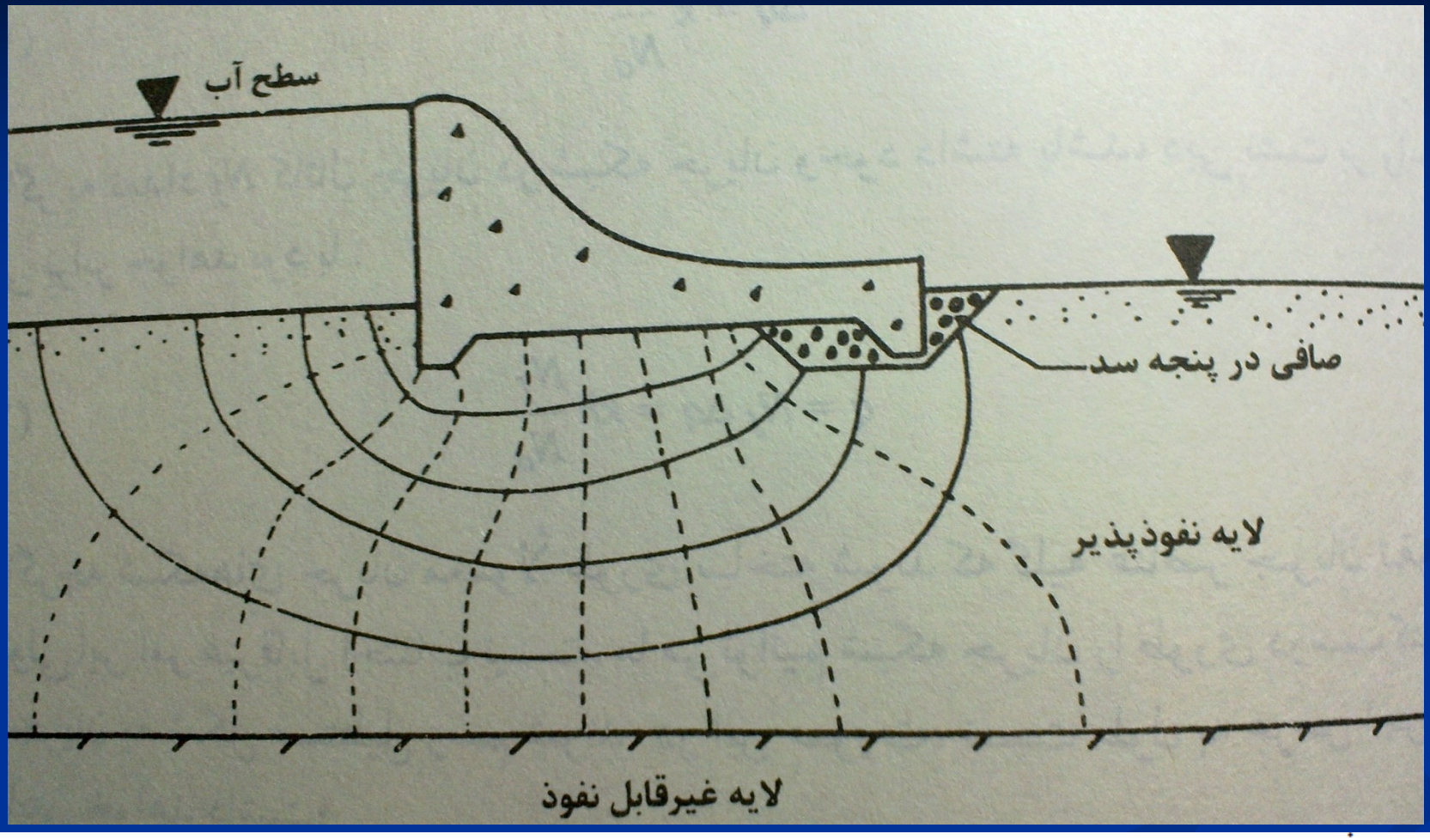


شکل ۳-۲۵- خطوط هم پتانسیل و خطوط جریان آب زیرزمینی. در شکل الف مقدار T در قطعه A بیش از قطعه B است و در شکل ب مقدار T در قطعه C بیشتر از قطعه D است.

۱۶. تعیین عمق سطح آب



۱۷. محاسبه دبی تراوش



$$q = KH\frac{N_f}{N_d}$$

q = دبی تراوش(cm^3)، N_f = تعداد مجاری جریان، K= ضریب نفوذپذیری(cm/s)، N_d = تعداد افتهای پتانسیل

H = اختلاف پتانسیل بین بالادست و پایین دست(افت بار کلی)

ردیابها

ردیاب :

ردیاب ها موادی مانند رنگ ها و نمک ها هستند که در نقطه ای آن را وارد لایه ی آبدار می کنند و در پایین منتظر ظاهر شدن آن می شوند به عبارتی ردیاب ها انواعی از مواد شیمیایی ، انرژی و میکروارگانیسم ها هستند که به منظور تعیین زمان و مکان آب و یا آلاینده ی آن در منابع آب زیر زمینی به کار می رود .

ویژگیهای ردیابها

- ✓ به آسانی قابل آشکار سازی باشد.
- ✓ در مقادیر کم به کار رود.
- ✓ خواص هیدرولیکی لایه های آبدار را تغییر ندهد.
- ✓ به وسیله محیط متخلخل جذب نشود.
- ✓ با آبهای طبیعی واکنش ندهد.
- ✓ در لایه های آبدار به مقادیر زیاد وجود نداشته باشد.

ردیاب ها در موارد زیر مورد استفاده قرار می گیرند :

۱. بررسی مسیر آب در محیطهای متخلخل ؛

۲. ارزیابی سرعت آب زیر زمینی ؛

۳. تعیین جهت مسیر جریان آب زیر زمینی ؛

۴. تعیین سن ، منشأ و محل تغذیه ی آب های زیر زمینی ؛

۵. تعیین ارتباط و میزان اختلاط لایه های آب دار با یکدیگر ؛

۶. مطالعه حرکت آلوده کننده ها و تعیین منابع آلوده کننده ؛

۷. تعیین سهم آب ورودی و آب خروجی .

مشکلات استفاده از ردیاب ها :

۱. خطر آلوده شدن لایه های آب دار ؛

۲. ابزار های بسیار خاصی برای آشکار سازی مورد نیاز است .

انواع ردیاب ها

الف . ردیاب های طبیعی

ردیابی باکتری ها و ردیابی ویروس ها

ب . ردیاب های مصنوعی

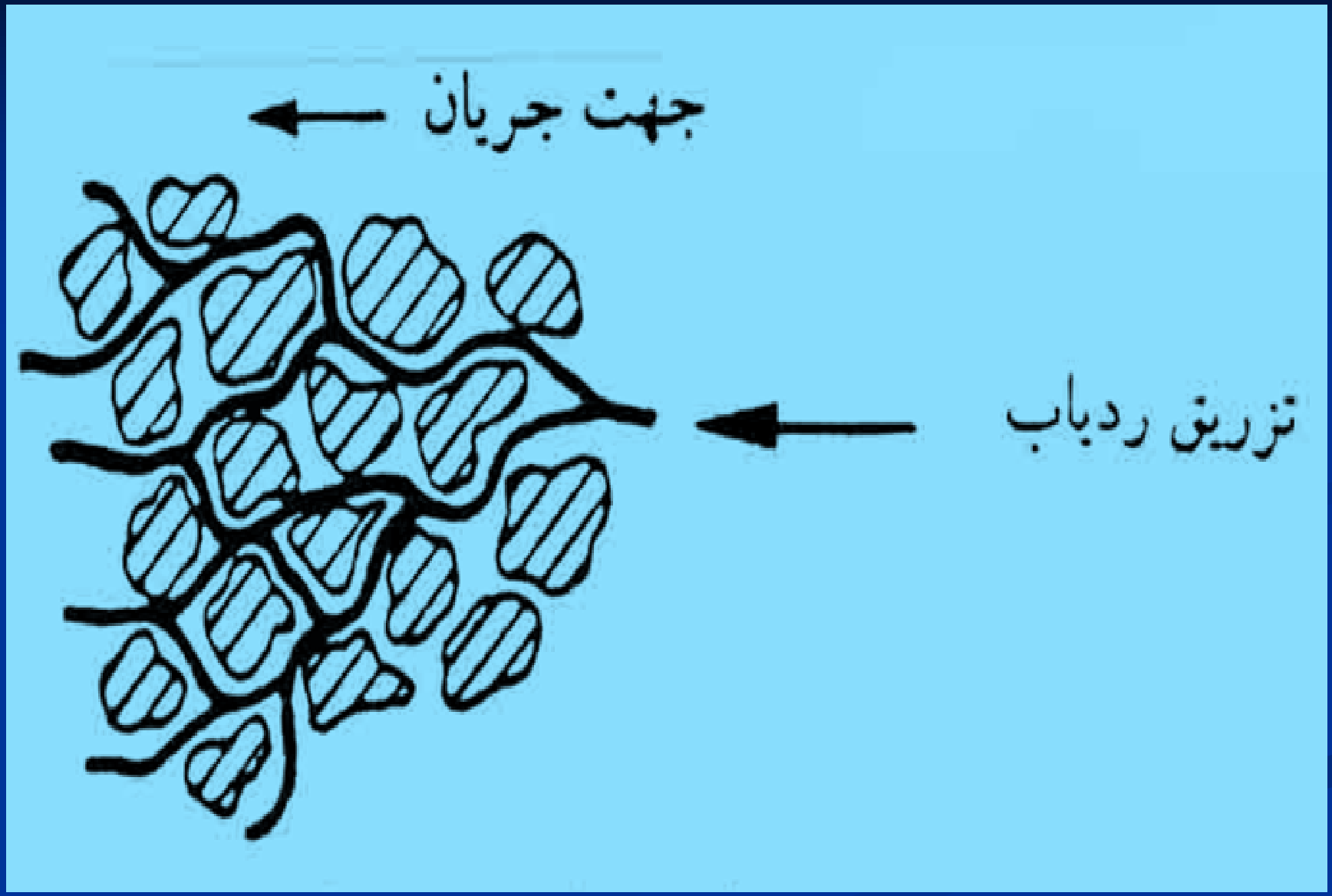
- رنگ سنجی (شامل رنگ های آلی ، نمک های انحلال پذیر کرومات ، قرمز کنگو ، آبی متیلن
- تجزیه شیمیایی(نمک های محلول کلرید ، بور ، بوراکس و...
- هدایت الکتریکی
- تشعشعات هسته ای (شامل برم ۸۲ کلسیم ۴۵ کبالت ۶۰ تریتیم ، ید۱۳۱ فسفر ۳۲ و روبیدیم ۸۶
- طیف نگاری جرمی (هلیم ، دوتریم و اکسیژن ۱۸

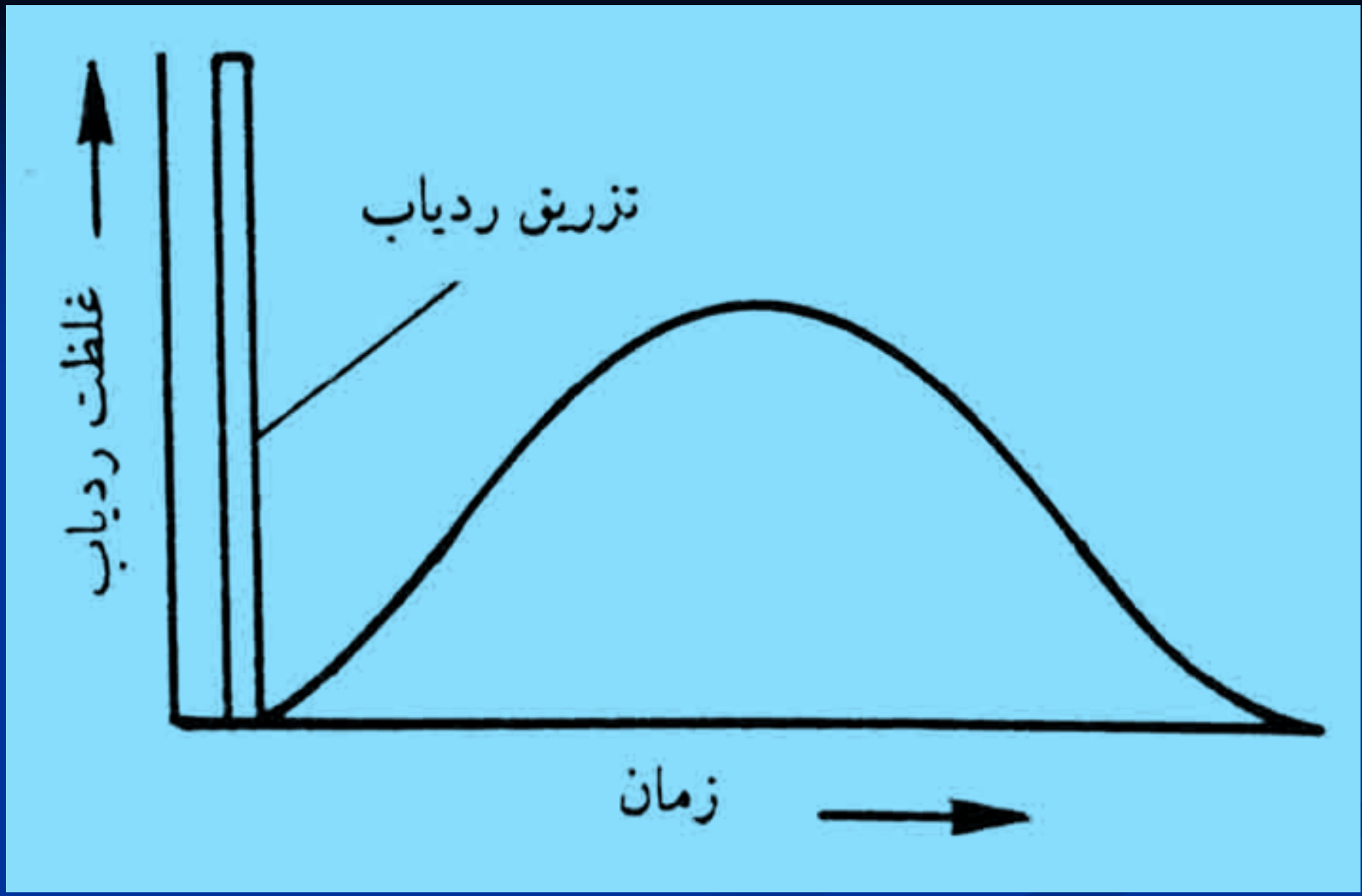
پدیده پراکندگی
Dispersion

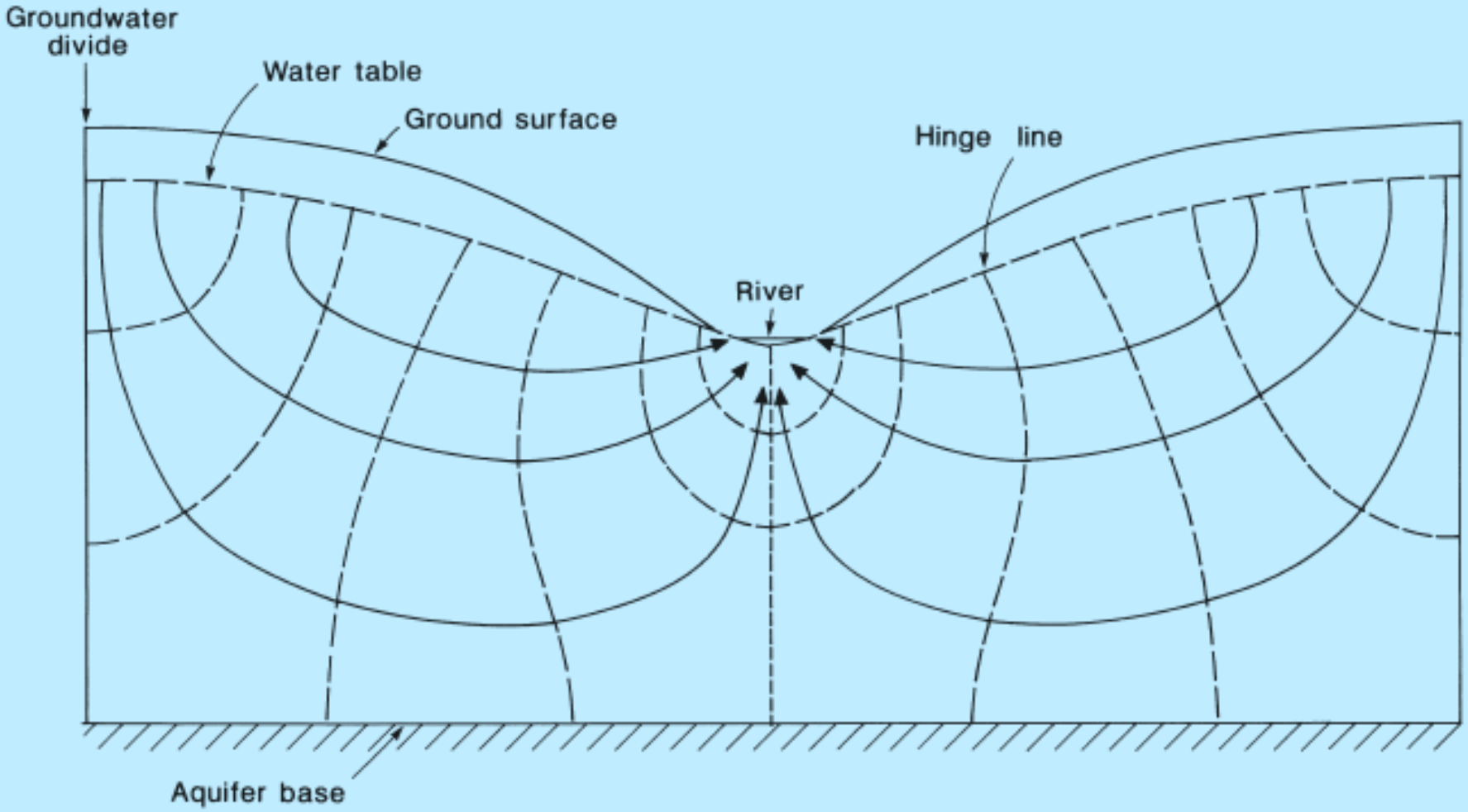
چون سرعت جریان آب در امتداد منافذ مختلف یک محیط متخلخل متغیر است. بنابراین غلظت ماده ردیاب نیز در جهت جریان آب تغییر می کند، این پدیده را **پراکندگی** می گویند .

پراکندگی طولی و جانبی ردیاب

- هر چه آب فاصله بیشتری را طی کند این تغییر بیشتر خواهد شد (پراکندگی طولی).
- آب در حین حرکت خود از بین دانه های محیط متخلخل دائماً منشعب می شوند و دوباره به هم می پیوندند (پراکندگی جانبی)


جهت جریان
تزریق ردباب


تزریق ردیاب
غلظت ردیاب
زمان


Groundwater divide
Water table
Ground surface
Hinge line
River
Aquifer base

پایان

افت سطح آب

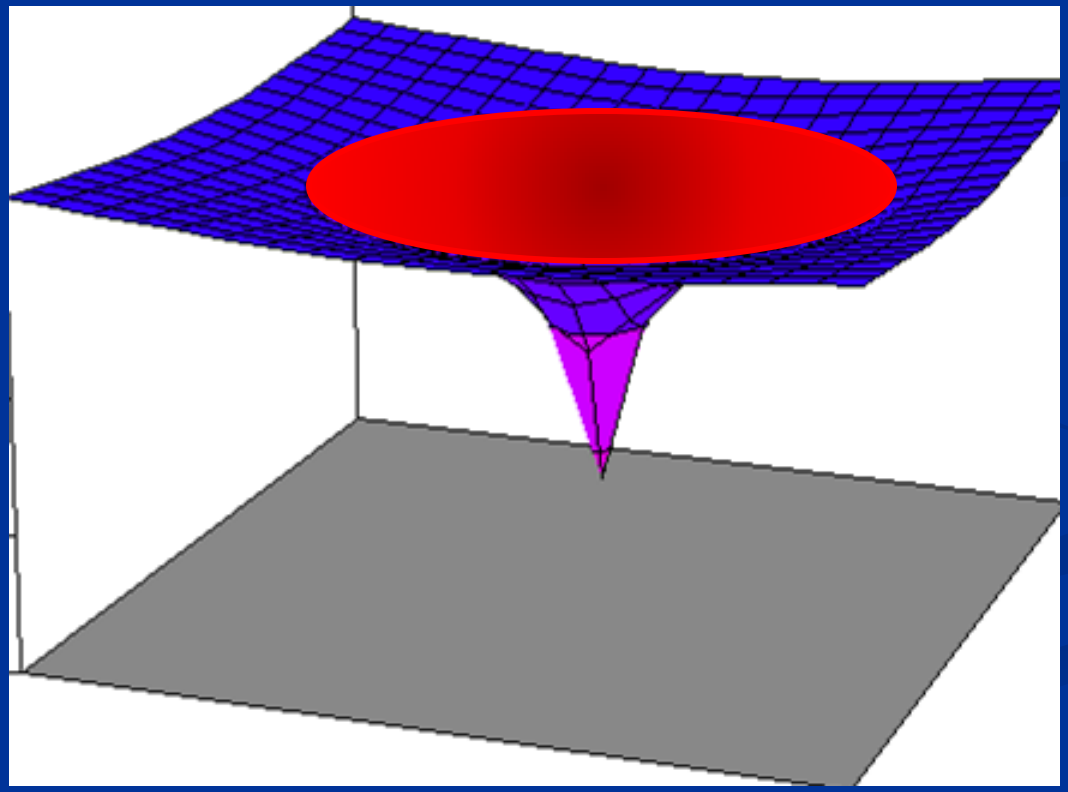
وقتی از یک چاه آبکشی می کنیم ،مقدار پایین افتادن سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک را در هر نقطه نسبت به حالت اولیه (افت) افت سطح آب میگویند.

سطح دینامیک

پس از مدتی از شروع پمپاژسطح آب درون چاه ثابت می ماند به عبارت دیگر افت به حالت تعادل می رسد. در این حالت سطح آب داخل چاه را سطح دینامیک می نامند.

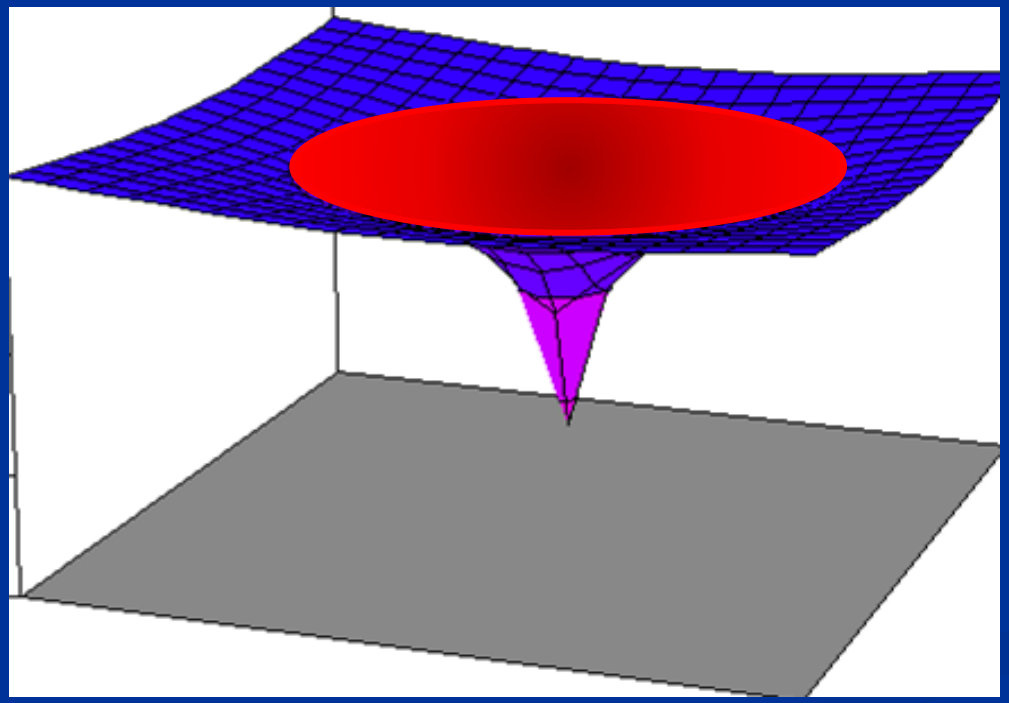
مخروط افت cone of depression

هنگام آبکشی از چاه سطح ایستابی یا پیزومتریک به صورت یک فرورفتگی مخروطی شکل است که راس آن در چاه وقائده آن درسطح ایستابی یا پیزومتریک اولیه واقع است . این فرورفتگی را اصطلاحاً مخروط افت می گویند.



منطقه تاثیر

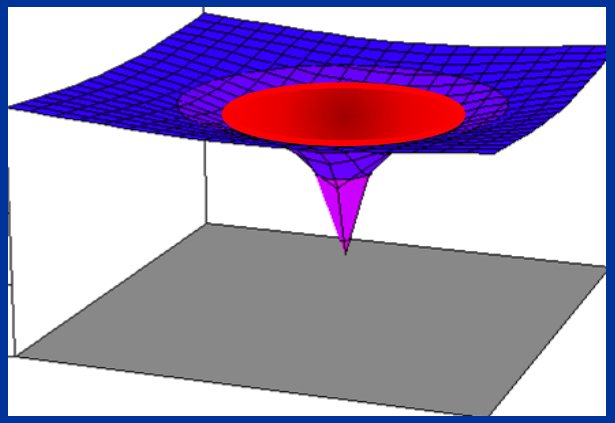
منطقه ای را که سطح مخروط افت با سطح ایستابی یا پیزومتریک اولیه مماس باشد منطقه تاثیر یا دایره تاثیر و شعاع آن را شعاع تاثیر می گویند .

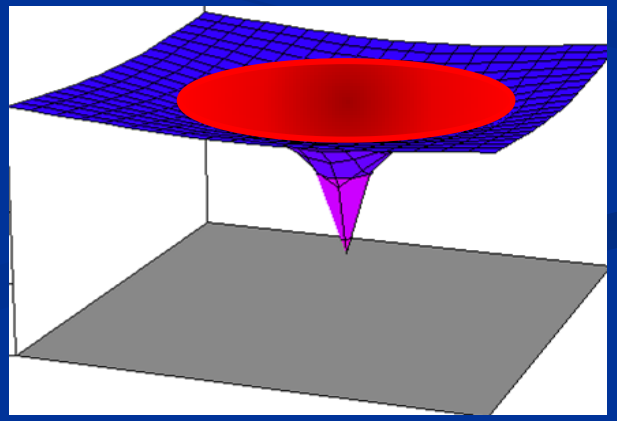


منطقه تاثیر

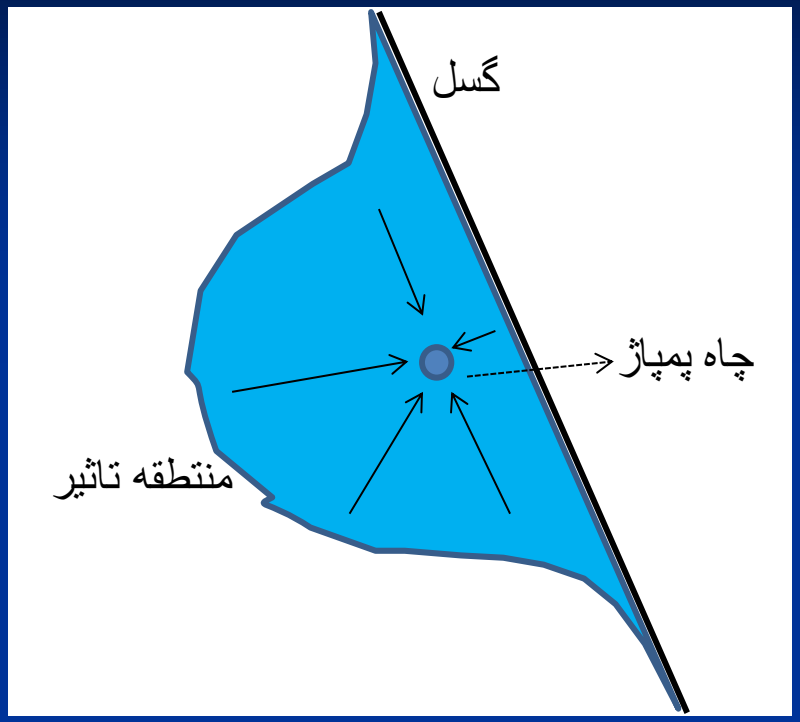
مخروط افت در اطراف یک چاه زمانی شکل متقارن نسبت به محور چاه دارد که لایه آبدار همگن و ایزوتروپ باشد.

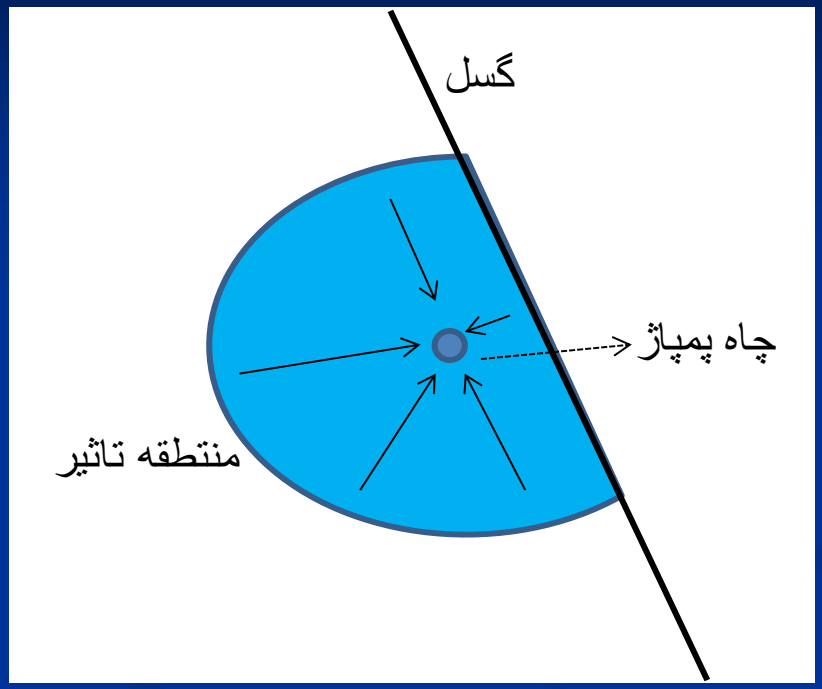
هر چه ضریب آبگذری (T) کمتر باشد افت در چاه بیشتر وشیب مخروط افت نیز بیشتر خواهد بود. به عکس هرچه ضریب آبگذری بیشتر باشد.شعاع تاثیر بیشتر و عمق مخروط کمتر خواهد شد.شعاع تاثیر آبخوان آزاد بیشتر از محصور می باشد.

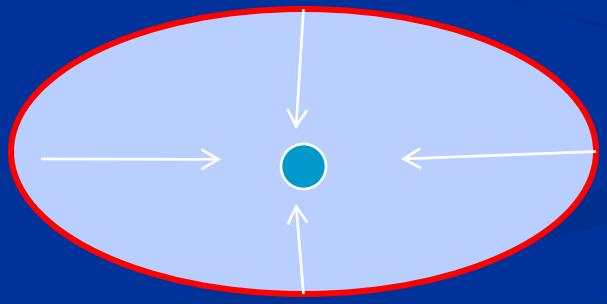




منطقه تاثیر



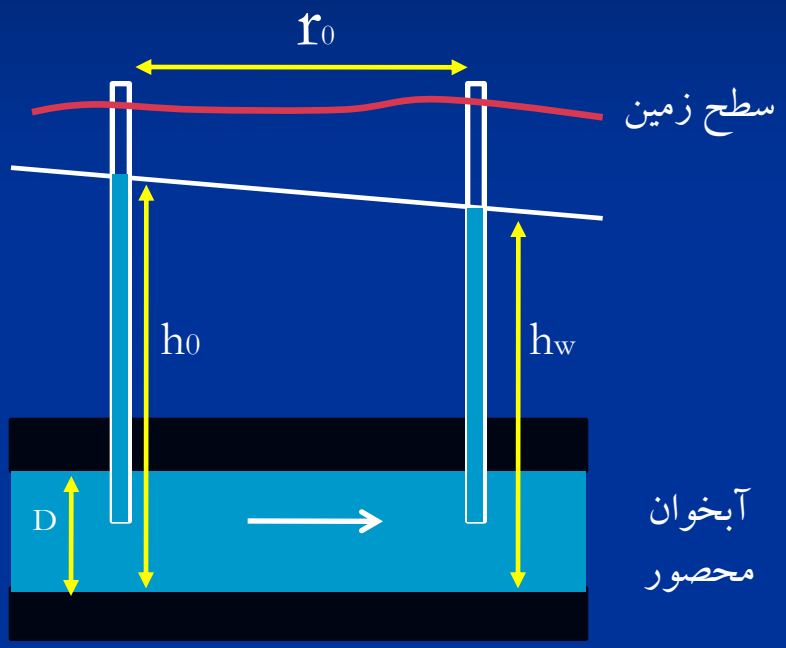


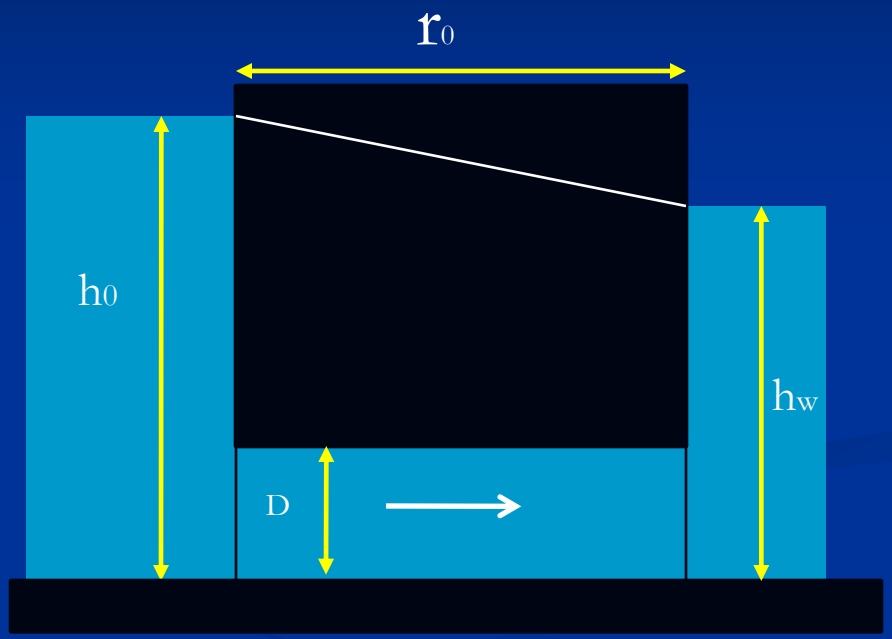


معادلات جریان آب زیر زمینی

نوع جریان	آبخوان آزاد	آبخوان تحت فشار
افقی ماندگار		
شعاعی ماندگار		
شعاعی غیرماندگار		

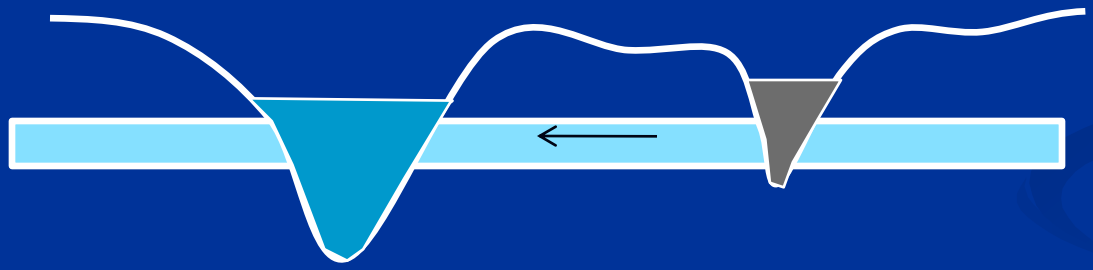
معادلات جریان های افقی ماندگار





$$Q = \frac{KD(h_0 - h_w)}{r_0}$$

مثال: کانال جمع آوری فاضلاب شهری در تراز ۱۵ متری و در فاصله ۳۵ متری از یک رودخانه دائمی دارای تراز ۱۳ متر عبور می کند. اگر بین آندو یک لایه محصور با نفوذپذیری ۰.۰۰۲ سانتی متر بر ثانیه به ضخامت ۱ متر ارتباط هیدرولیکی برقرار نماید. مقدار نشت فاضلاب را به داخل رودخانه حساب کنید .



معادلات جریان های شعاعی اطراف چاه ها

برای پیش بینی دبی چاه جهت انتخاب صحیح پمپ ، عمق پمپاژ و موتور معادلاتی که برای محاسبه دبی چاهها به کار می رود در دو حالت یعنی در حالت ماندگار(رژیم دائم) و غیر ماندگار(رژیم موقت یا متغییر) در نظر گرفته می شود.

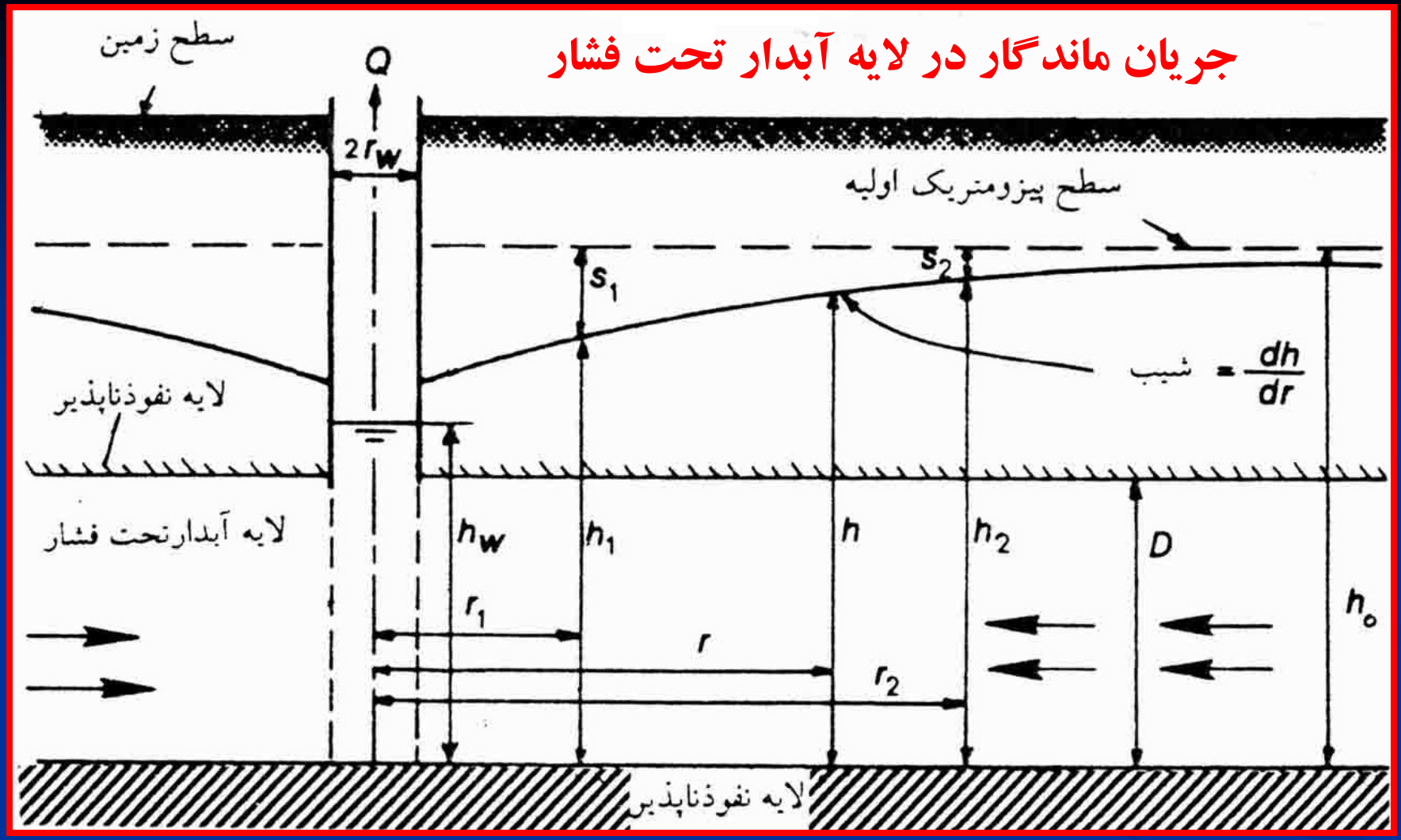
Equilibrium Steady **ماندگار**

Non-equilibrium Unsteady **غیرماندگار**

فرضیات :

۱. چاه با دبی ثابت پمپاژ می شود.
۲. چاه تمام ضخامت لایه آبدار را قطع کرده و در تمام ضخامت لایه آبدار دارای لوله مشبک است.
۳. لایه آبدار همگن، ایزوتروپ، افقی و دارای گسترش نامحدود است و جریان آب در آن فقط در جهت افقی است و هیچ جریان دیگری جز جریان ناشی از پمپاژ وجود ندارد.
۴. آب از لایه آبدار و بر اثر افت بلافاصله سطح ایستابی یا سطح پیزومتریک آزاد می شود.
۵. حجم آب داخل چاه در مقایسه با حجم آب استخراجی ناچیز است.

جریان ماندگار در لایه آبدار تحت فشار



$$Q = \frac{2\pi KD(h_2 - h_1)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})}$$

Thiem-Dupuit

اگر r_1 را بعنوان شعاع چاه در نظر بگیریم می توان نوشت.

$$Q = \frac{2\pi KD(h_0 - h_w)}{\ln(\frac{r_0}{r_w})}$$

Q: دبی چاه

K: ضریب نفوذپذیری

D: ضخامت لایه آبدار

h_w, h_0 ;: بار فشار در درون چاه و پیزومتر

r_0,r_w: شعاع چاه و پیزومتراز مرکز چاه

مقدار افت برابر خواهد بود با:

$$h_0 - h_w = \frac{Q\ln(\frac{r_0}{r_w})}{2\pi KD}$$

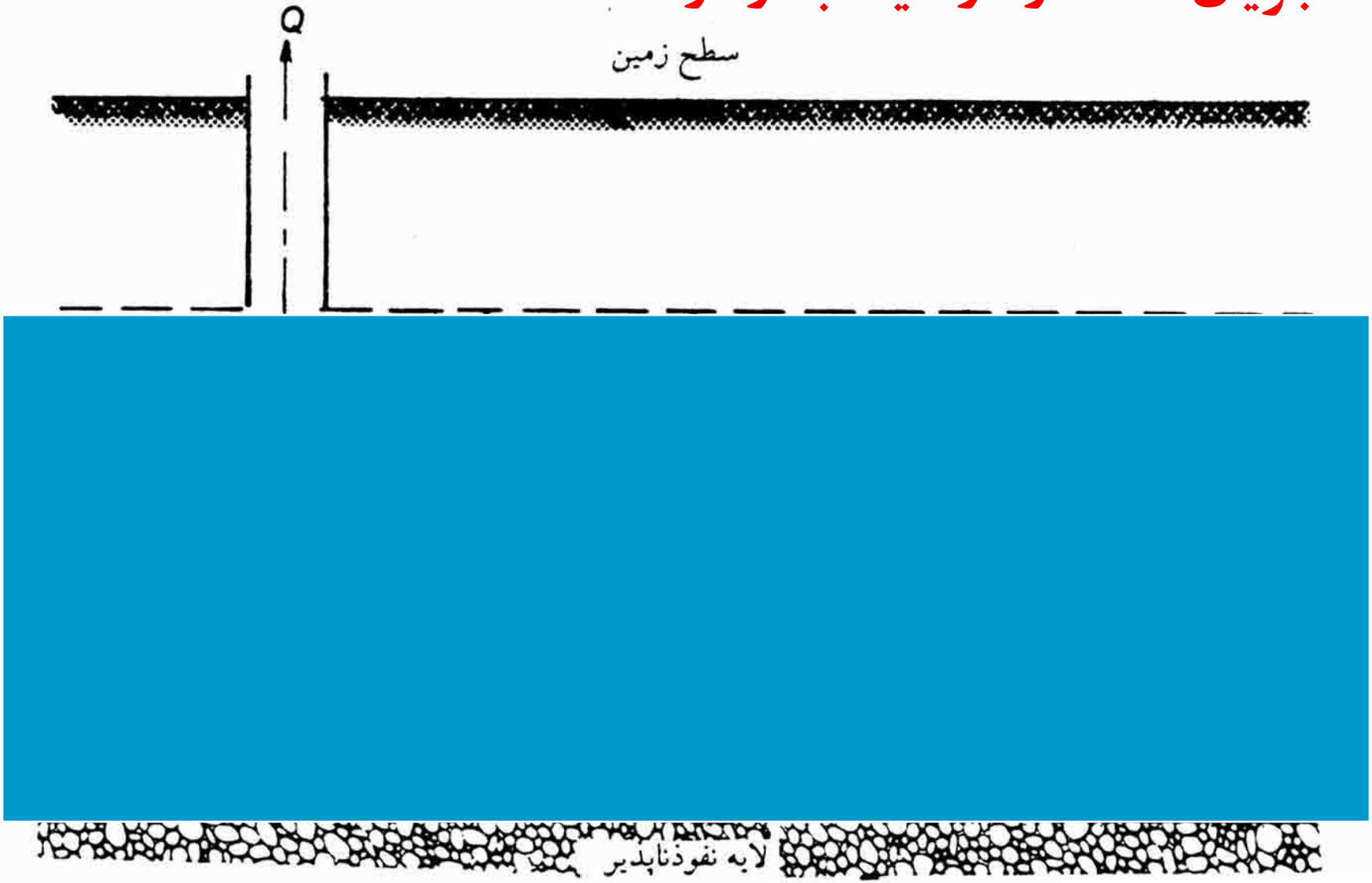
مثال : دو چاه مشاهده ای در فواصل ۵۰ و ۱۰۰ متری از چاه اصلی در حال پمپاژ درون سفره تحت فشار به ضخامت ۶۰ متر افتی معادل ۱۲ و ۶ متر را نشان می دهد . اگر جریان ماندگار و متوسط نفوذپذیری سفره ۰.۰۰۱ سانتی متر برثانیه باشد ، دبی چاه را محاسبه کنید .

$$Q = \frac{2\pi KD(h_2 - h_1)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})}$$

مثال : در مثال بالا اگر قطر چاه اصلی ۳۵ سانتی متر و شعاع تاثیر ۶۵ متر باشد ، مقدار افت چاه را محاسبه کنید .

$$h_0 - h_w = \frac{Q\ln(\frac{r_0}{r_w})}{2\pi KD}$$

جریان ماندگار در لایه آبدار آزاد



جریان شعاعی در یک چاه در حال پمپاژ در سفرهٔ آزاد

$$Q = \frac{\pi K (h_2 - h_1)}{\ln(\frac{r_2}{r_1})}$$

Q: دبی چاه

K: ضریب نفوذپذیری

h: ارتفاع سطح ایستابی از مرز پایینی لایه آبدار

r_1, r_2: فاصله پیزومتر از مرکز چاه

h_1, h_2: بار ایستابی در نقاط ۱ و ۲

اگر r_1 برابر شعاع چاه باشد

$$Q = \frac{\pi K (h_0^{\,2} - h_w^{\,2})}{\ln(\frac{r_0}{r_w})}$$

جریان غیرماندگار

- معادلات جریانهای غیر ماندگار علاوه بر پارامترهای قبلی شامل زمان پمپاژ و ضریب ذخیره لایه آبدار نیز می شود.
- تایس معادله ای برای لایه های آبدار تحت فشار در شرایط غیر ماندگار ارائه می دهد که حل آن نهایتاً به معادله زیر منجر می شود

$$s_{(r,t)} = \frac{Q}{4\pi.K.b} \times [0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2\times 2!} + \frac{u^3}{3\times 3!} - \frac{u^4}{4\times 4!} + ...]$$

$$W(u) = [0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2\times 2!} + \frac{u^3}{3\times 3!} - \frac{u^4}{4\times 4!} + ...]$$

که در این معادله u برابر است با

$$u = \frac{r^2 S}{4K.b.t}$$

Q: دبی ثابت چاه

K: ضریب نفوذپذیری

t: زمان از شروع پمپاژ

S: ضریب ذخیره

s : مقدار افت سطح پیزومتریک در پیزومتر نزدیک چاه اصلی

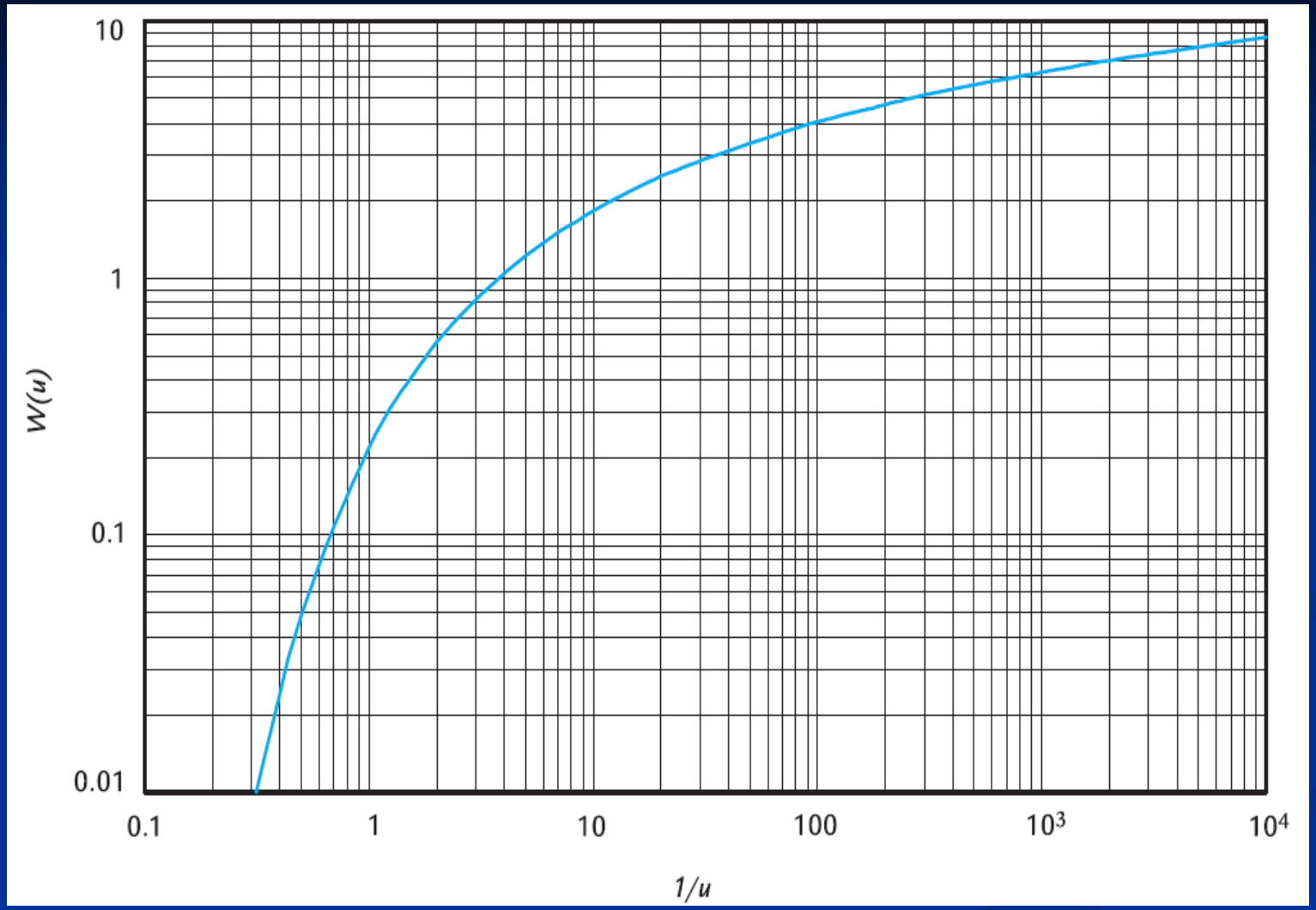
r: فاصله پیزومتر تا چاه اصلی

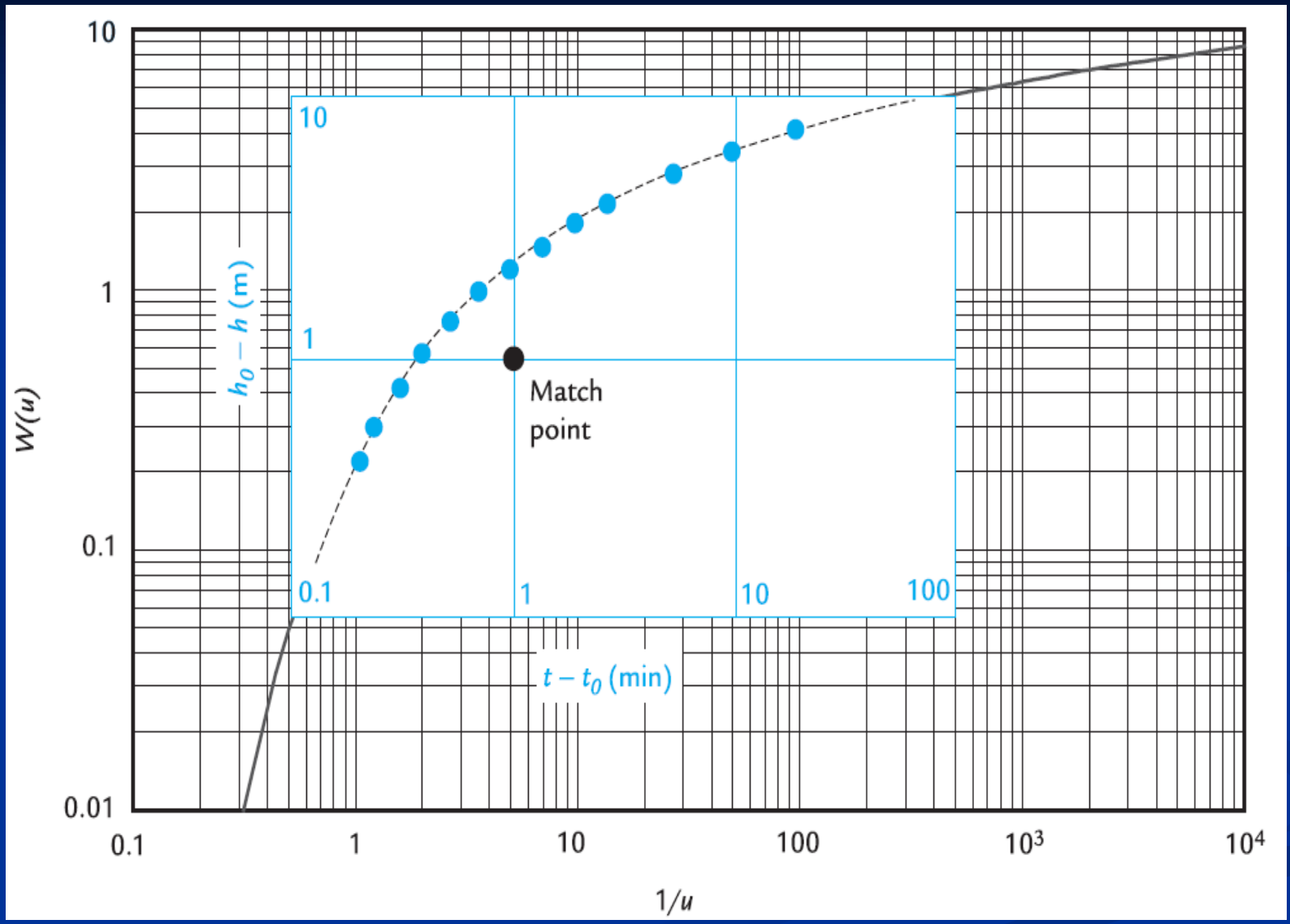
تابع داخل کروشه را تابع چاه می گویند و با W(u) نشان می دهند .

$$\log(h_0 - h) = \log W + \log \frac{Q}{4\pi T}$$

$$\log(t - t_0) = log \frac{1}{u} + \log \frac{r^2 S}{4T}$$

u و W(u) هر دو بدون بعد هستند و از داخل جدول مربوطه قابل برداشت می باشند .


10
1
0.1
0.01
W(u)
0.1
1
10
100
10³
10⁴
1/u


10
1
0.1
0.01
W(u)
0.1
1
10
100
10³
10⁴
1/u
10
1
0.1
1
10
100
h₀ − h (m)
t − t₀ (min)
Match
point

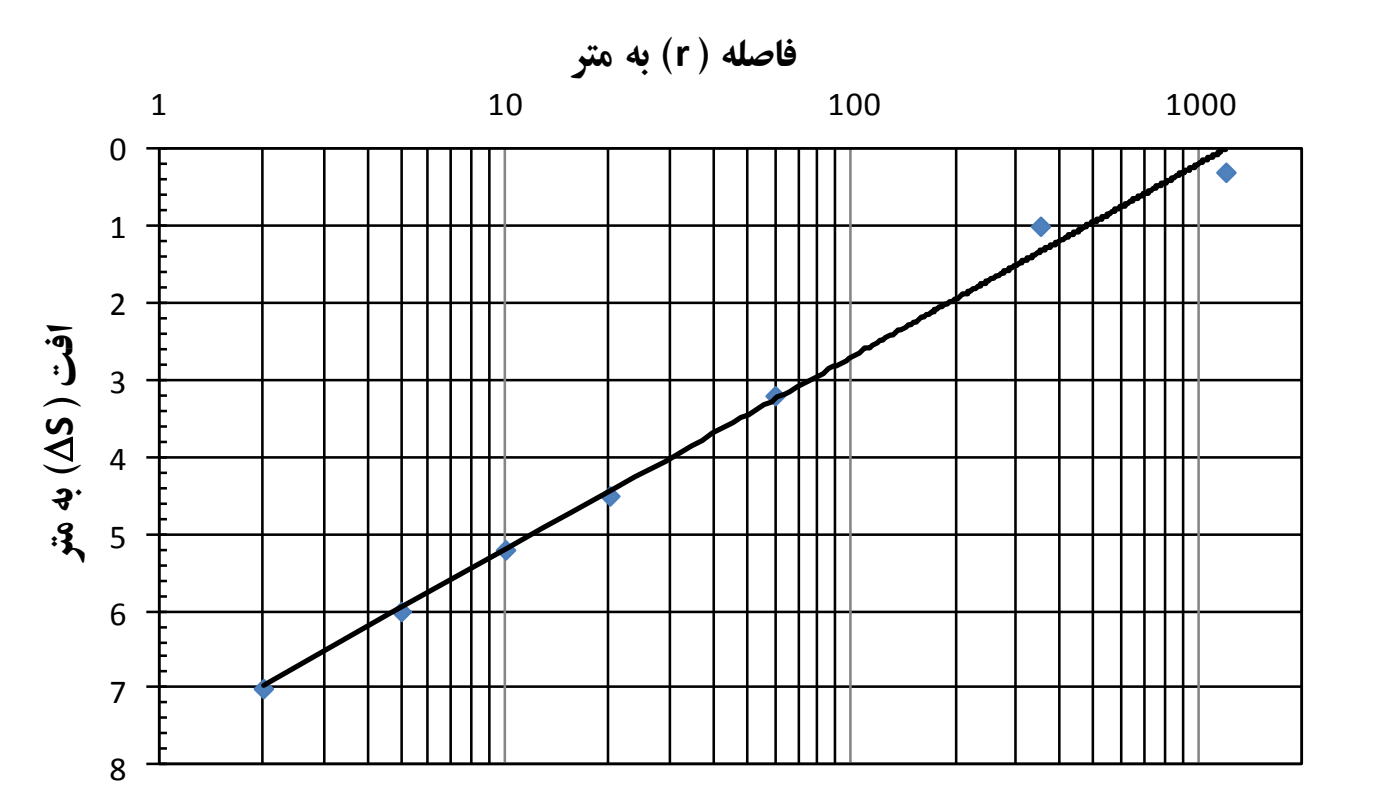
مثال

در یک چاه محصور با دبی $2500 m^3/day$ افت سطح آب در چاه مشاهده ای که در فاصله ۶۰ متری قرار دارد به شرح جدول زیر است. ضرایب هیدرودینامیکی آبخوان را بدست آورید.

t min	1	2	4	8	18	30	60	120	180	240
s m	0.2	0.3	0.41	0.53	0.67	0.76	0.9	1	1.07	1.12

$$\Delta S = (h_0 - h_w) = \frac{Q \ln(\frac{r_0}{r_w})}{2\pi KD}$$

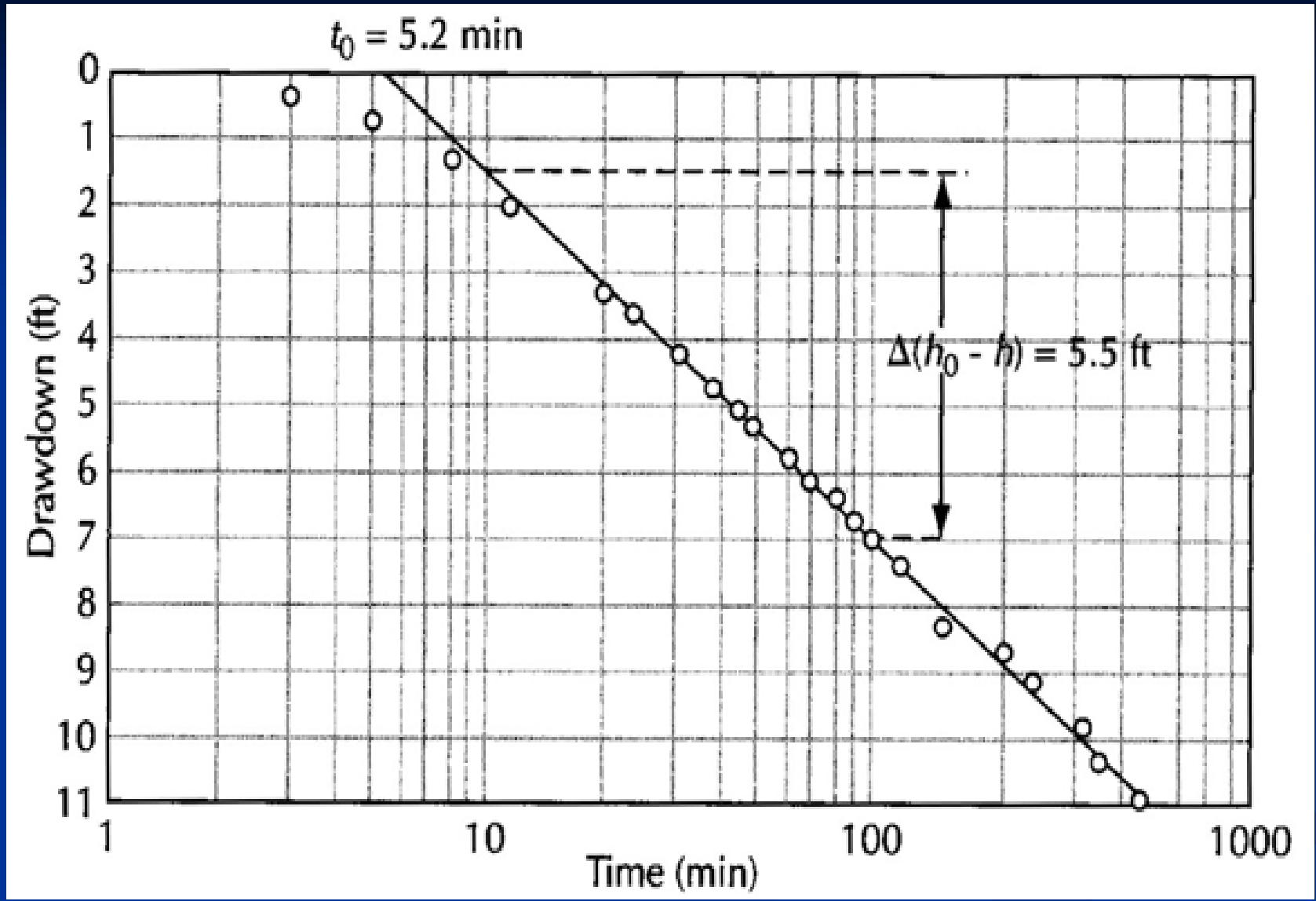
$$K = \frac{0.366Q}{b\,\Delta s}$$



بنا به نظرژاکوب (Jacob) اگر $u \leq 0.01$ باشد، می توان نوشت:

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi\Delta s}$$

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

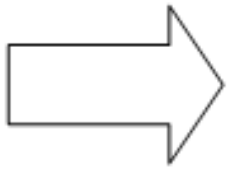

t_0 = 5.2 min
Drawdown (ft)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
$\Delta(h_0 - h)$ = 5.5 ft
1
10
100
1000
Time (min)

چاو(Chow) با ترکیب دو روش تایس و کوپر-ژاکوب معادله زیر را پیشنهاد نمود.

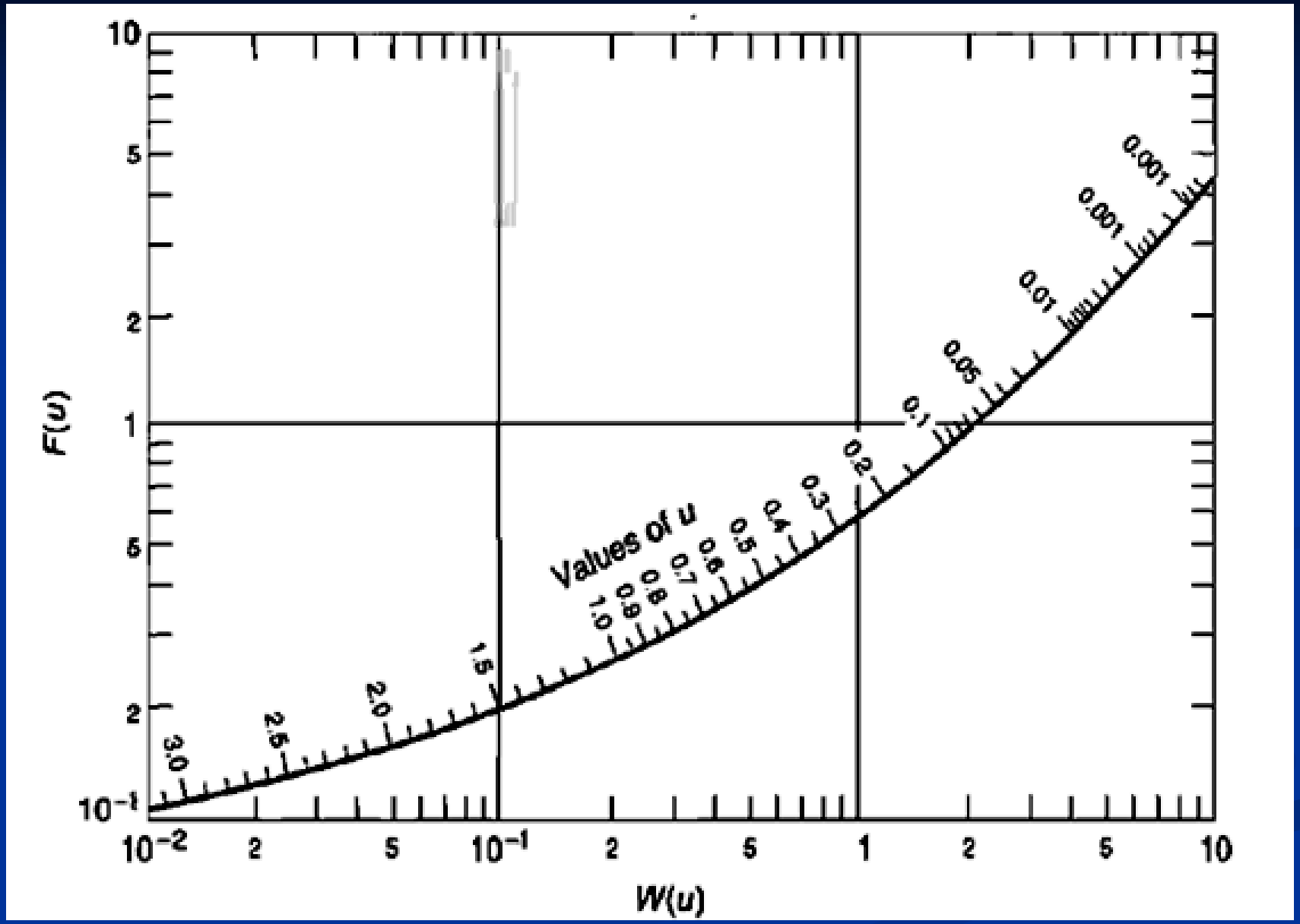
$$\frac{W_{(u)}e^{u}}{2.3}=\frac{S}{\frac{\Delta s}{Log(\frac{t_2}{t_1})}}$$

$$F(u)=\frac{s}{\frac{\Delta s}{Log(\frac{t_2}{t_1})}}$$

$$Log(\frac{t_2}{t_1})=1$$



$$F(u)=\frac{s}{\Delta s}$$


F(u)
W(u)
Values of u
10
5
2
1
5
2
10⁻¹
10⁻²
2
5
10⁻¹
2
5
1
2
5
10
0.001
0.001
0.01
0.08
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.5
2.0
2.5
3.0

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi s} W_{(u)}$$

مثال

اگر $F(u)=2$ باشد با دبی ۱۰متر مکعب درساعت آب پمپاژ شود. مقدار افت در چاه مشاهده ای که در فاصله ۱۰۰ متری قرار دارد بر ابر با ۱متر است، مقدار T,S را محاسبه کنید.

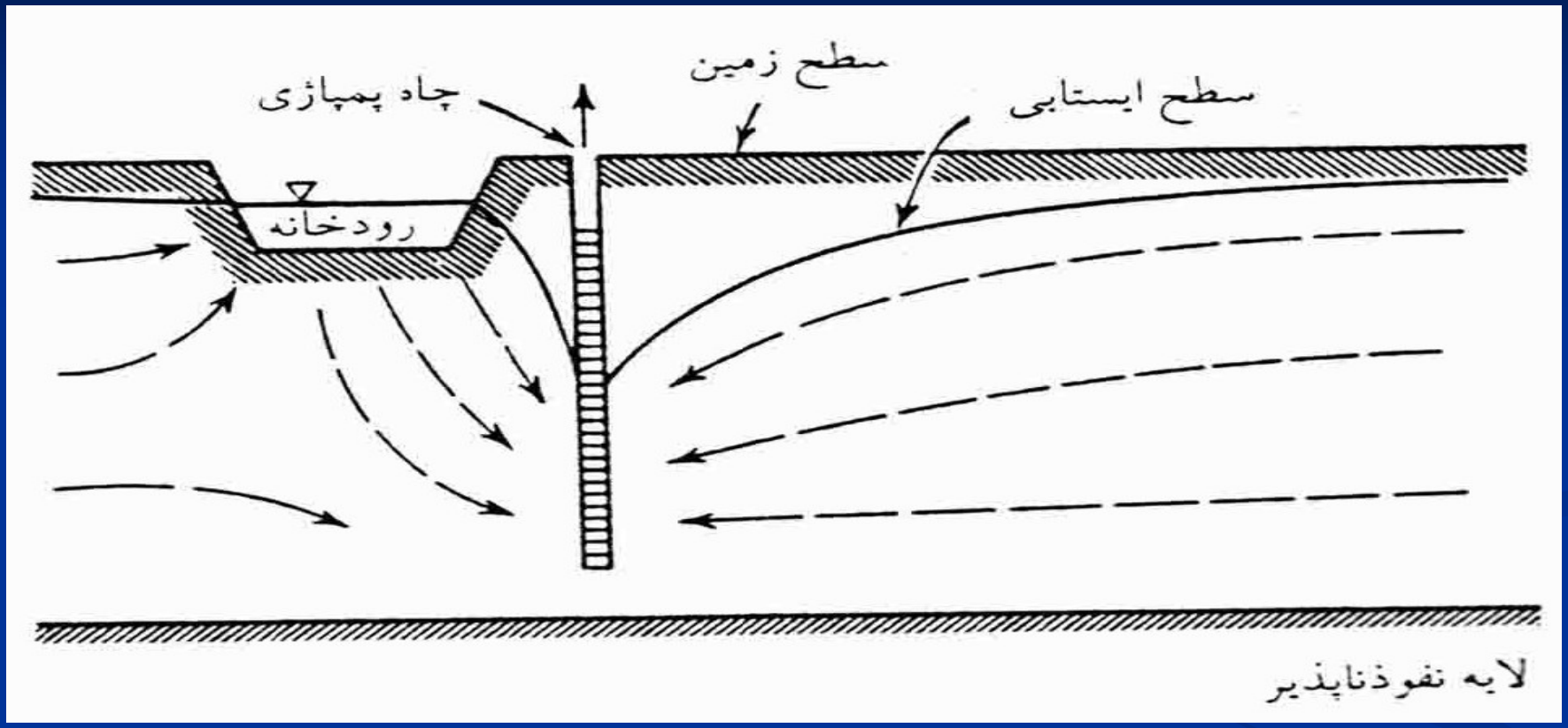
مسئله: در یک آزمایش پمپاژ با دبی ۵ متر مکعب در ساعت چاه پیزومتری که در فاصله ۳۰ متری قرار دارد، ضرایب آبخوان را حساب کنید.

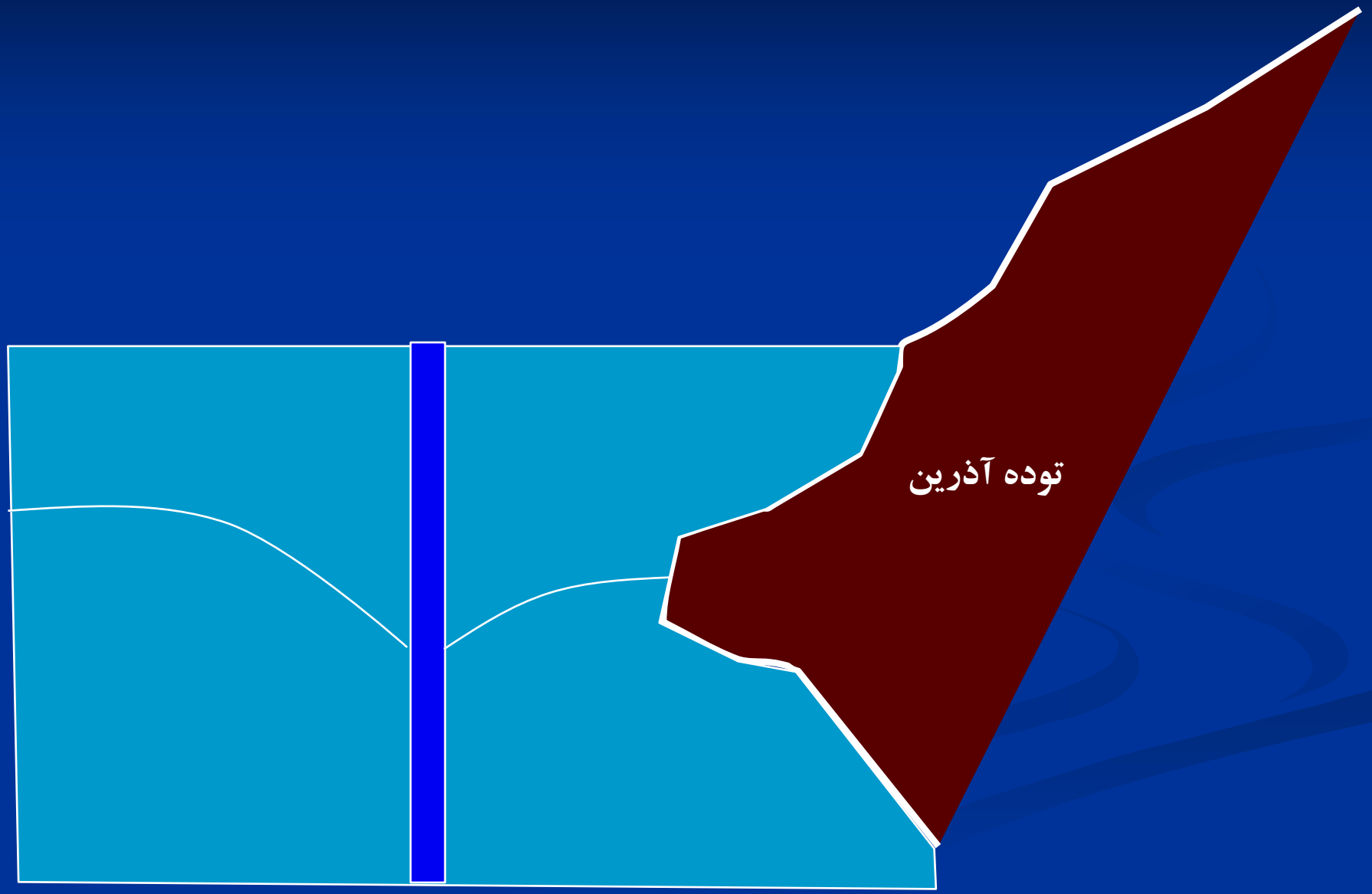
T min	1	2	4	8	20	40	70	100	200	400
Drawdown m	0.25	0.35	0.56	1.3	2.5	4.5	6.2	7.5	9.5	12

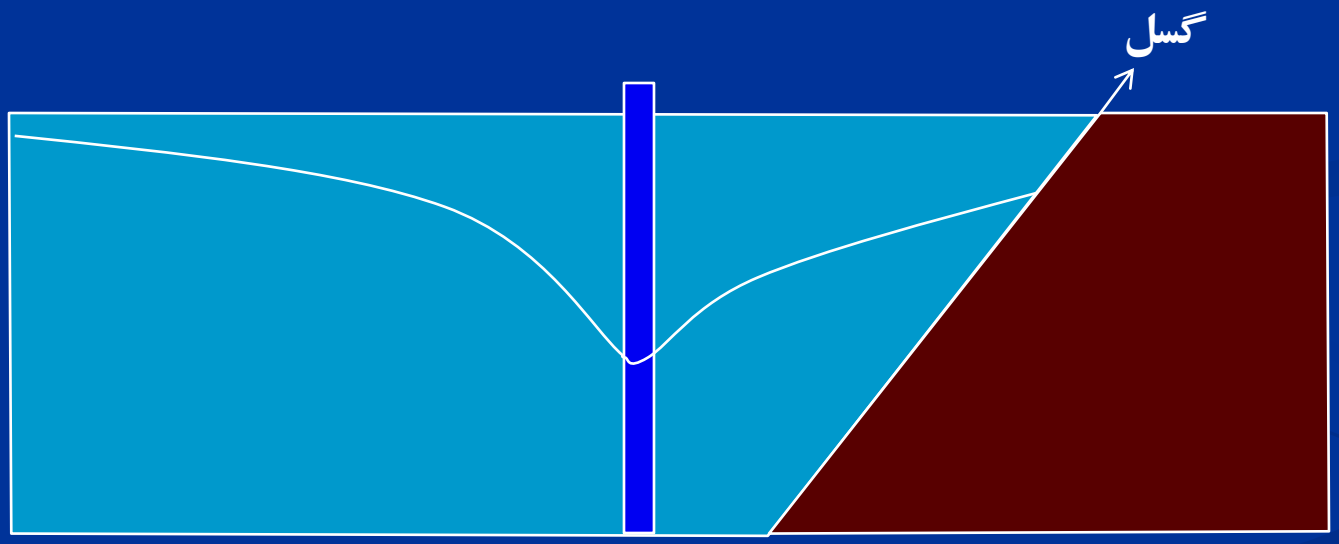
شرایط مرزی

یکی از فرضیات معادلات جریان

لایه آبدار همگن، ایزوتروپ، افقی و دارای گسترش نامحدود است و جریان آب در آن فقط در جهت افقی است و هیچ جریان دیگری جز جریان ناشی از پمپاژ وجود ندارد.


چاه پمپاژی
سطح زمین
سطح ایستابی
رودخانه
لایه نفوذناپذیر

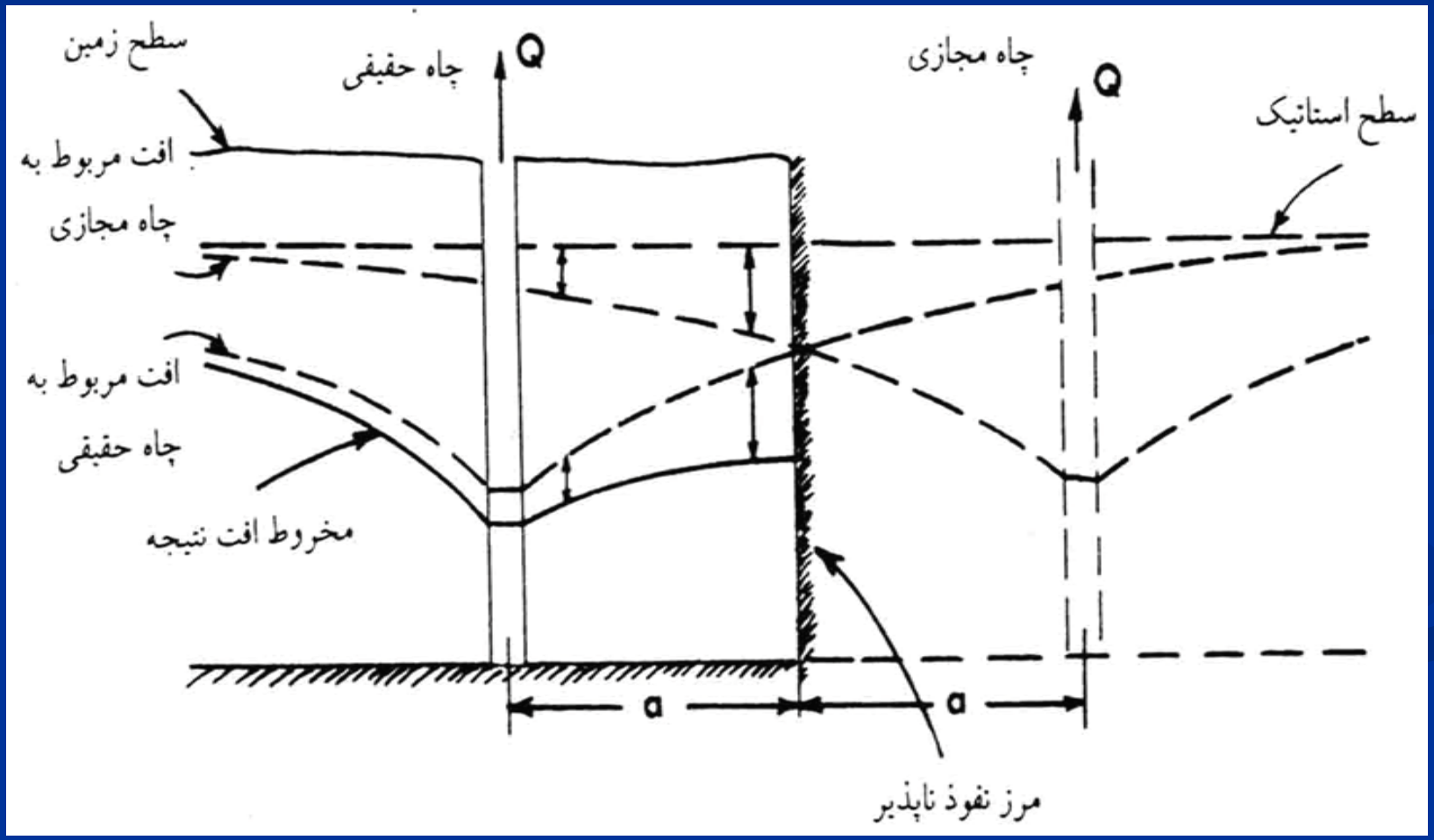

توده آذرین


گسل

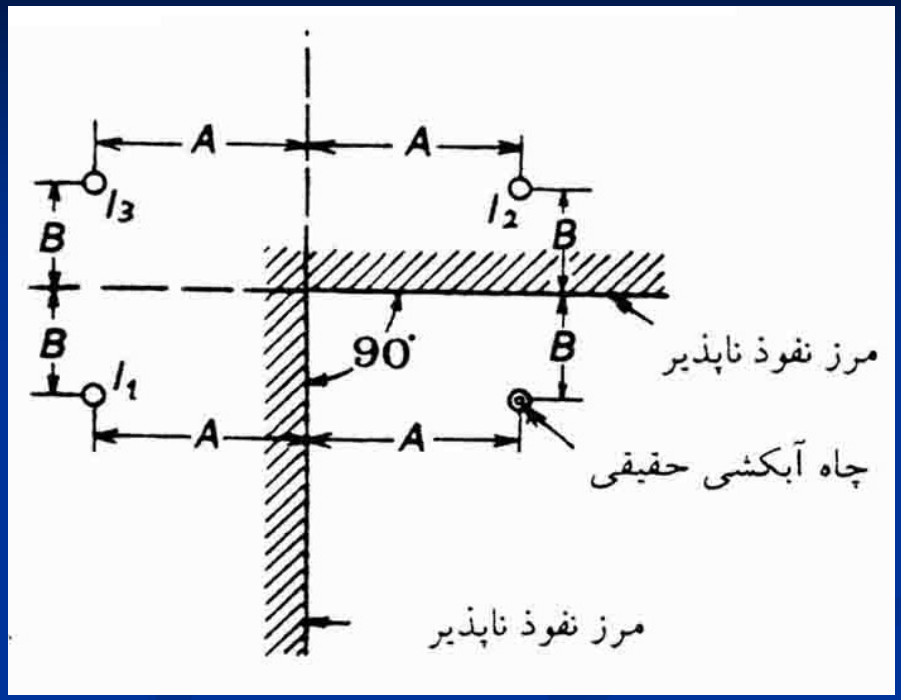
مرزهای محدود کننده آبخوان

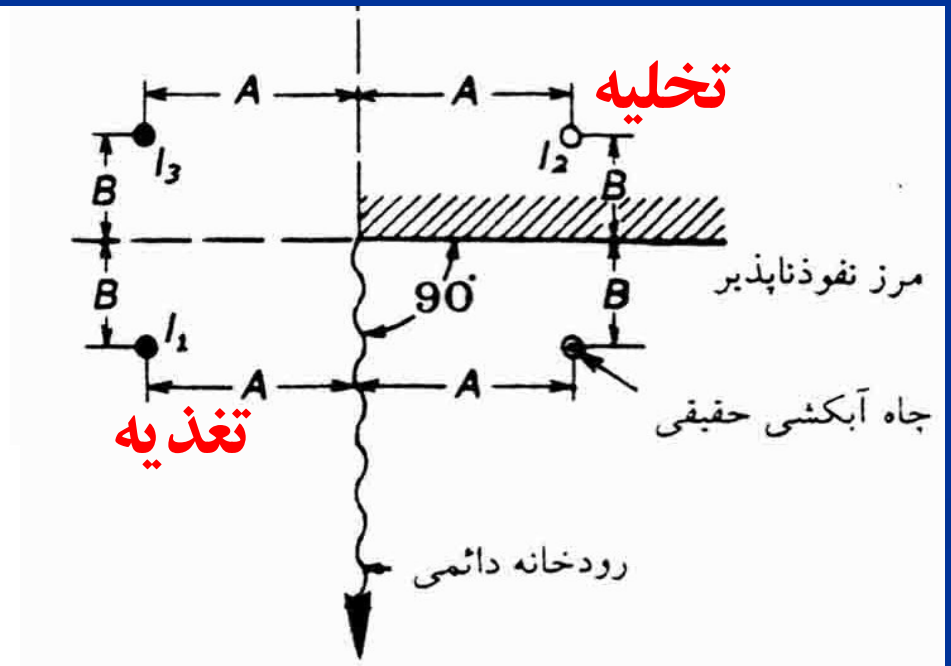
- حل مسائل مرزی در جریان آب در اطراف چاهها را غالباً با به کار بردن روش تصویری می توان ساده نمود.
- تصویر عبارتست از چاه یا رودخانه ای مجازی است که از نظر هیدرولیکی تاثیر مشابه یک مرز فیزیکی معلوم در روی سیستم جریان داشته باشد.

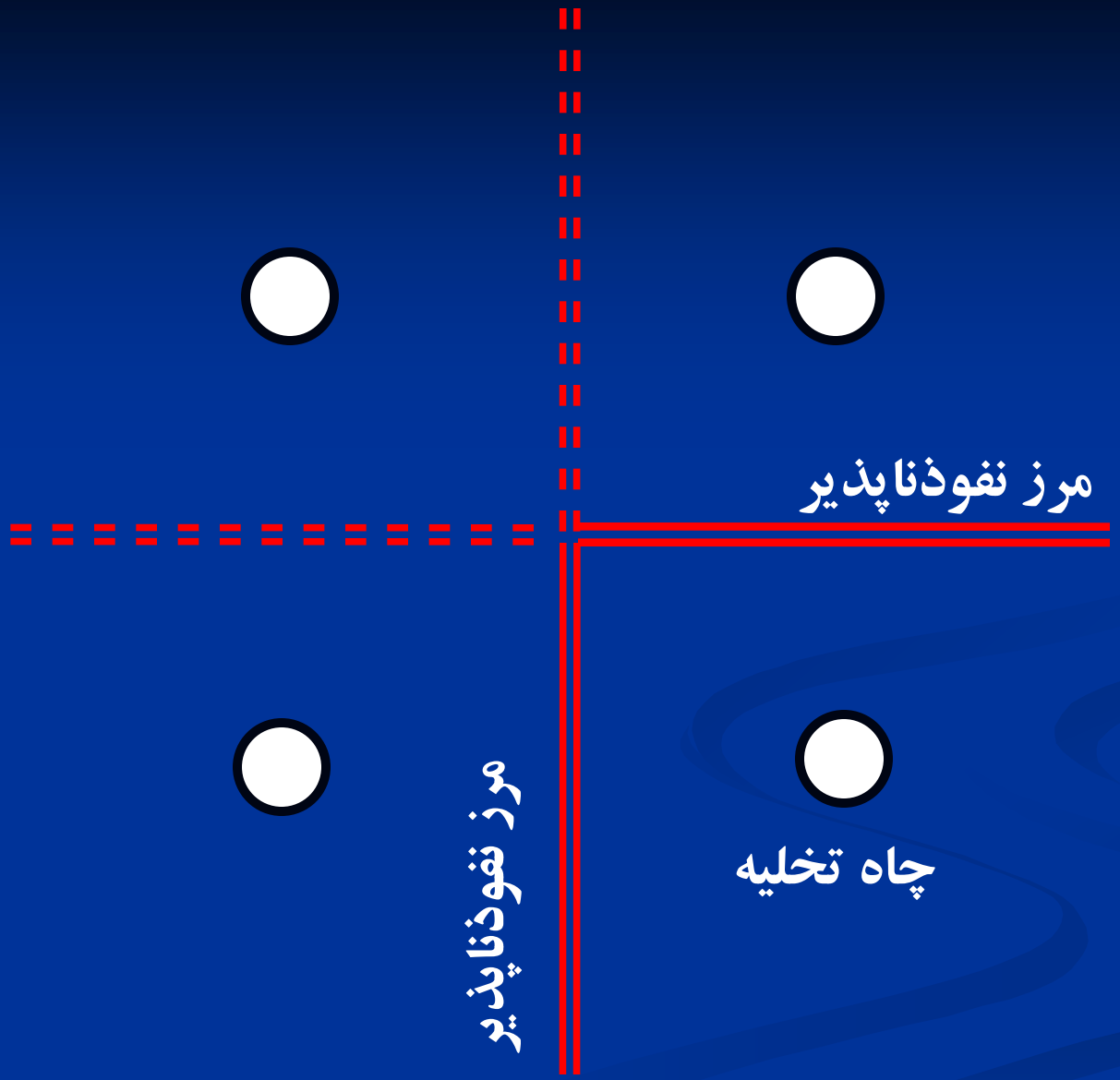
روش تصویری

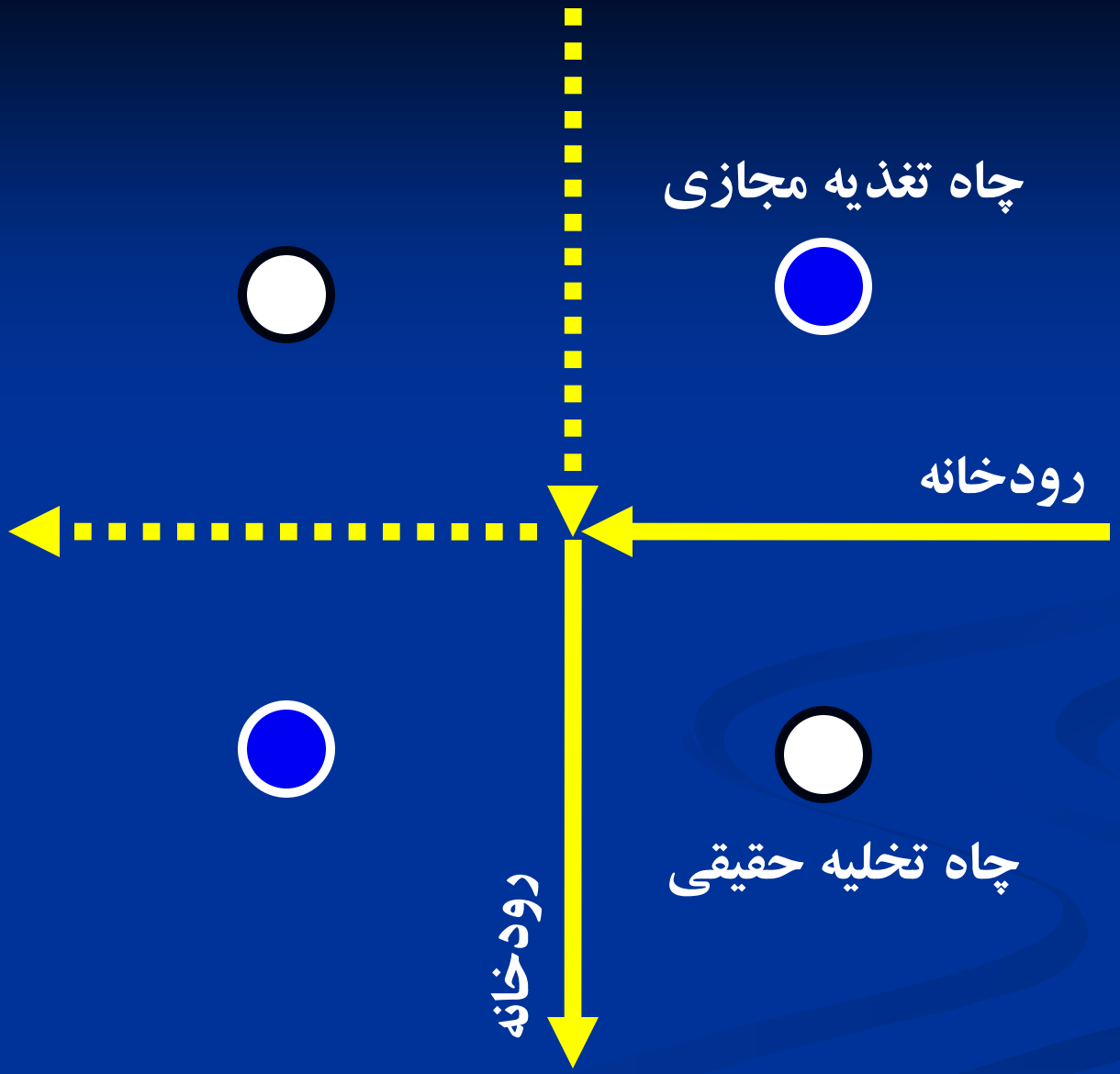

سطح زمین
چاه حقیقی
Q
چاه مجازی
Q
سطح استاتیک
افت مربوط به
چاه مجازی
افت مربوط به
چاه حقیقی
مخروط افت نتیجه
a
a
مرز نفوذ ناپذیر

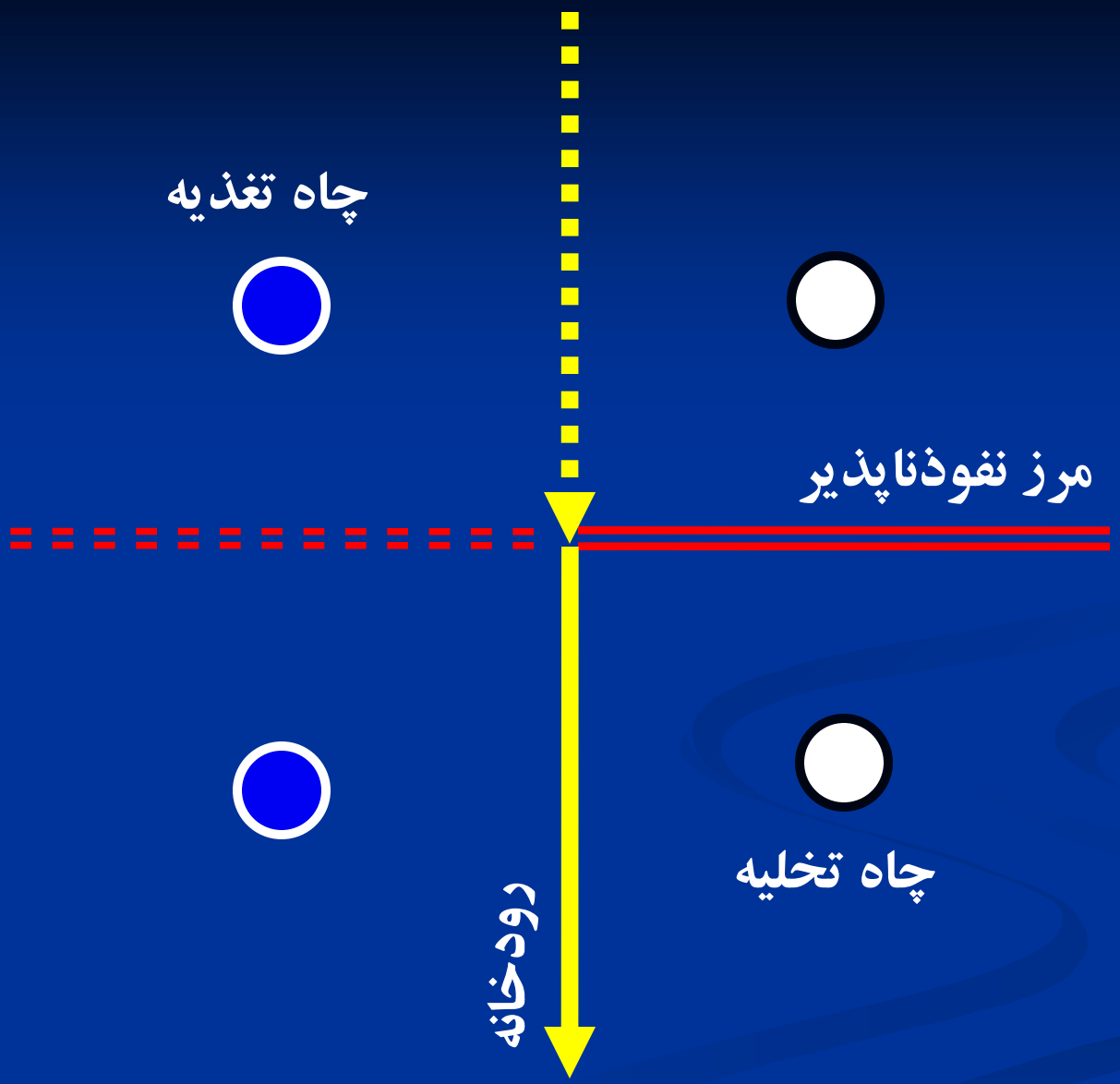
سیستم چاههای مجازی

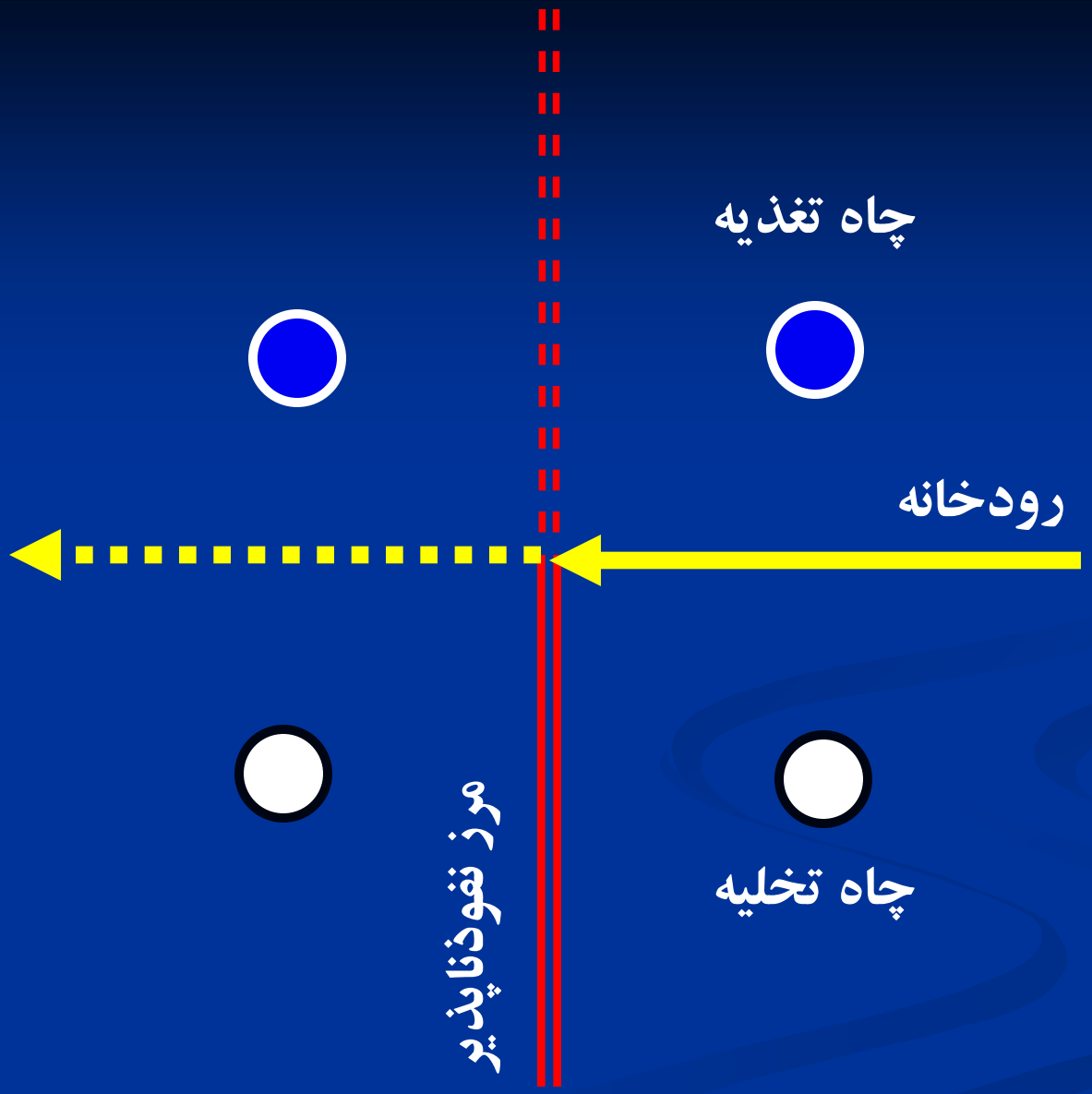


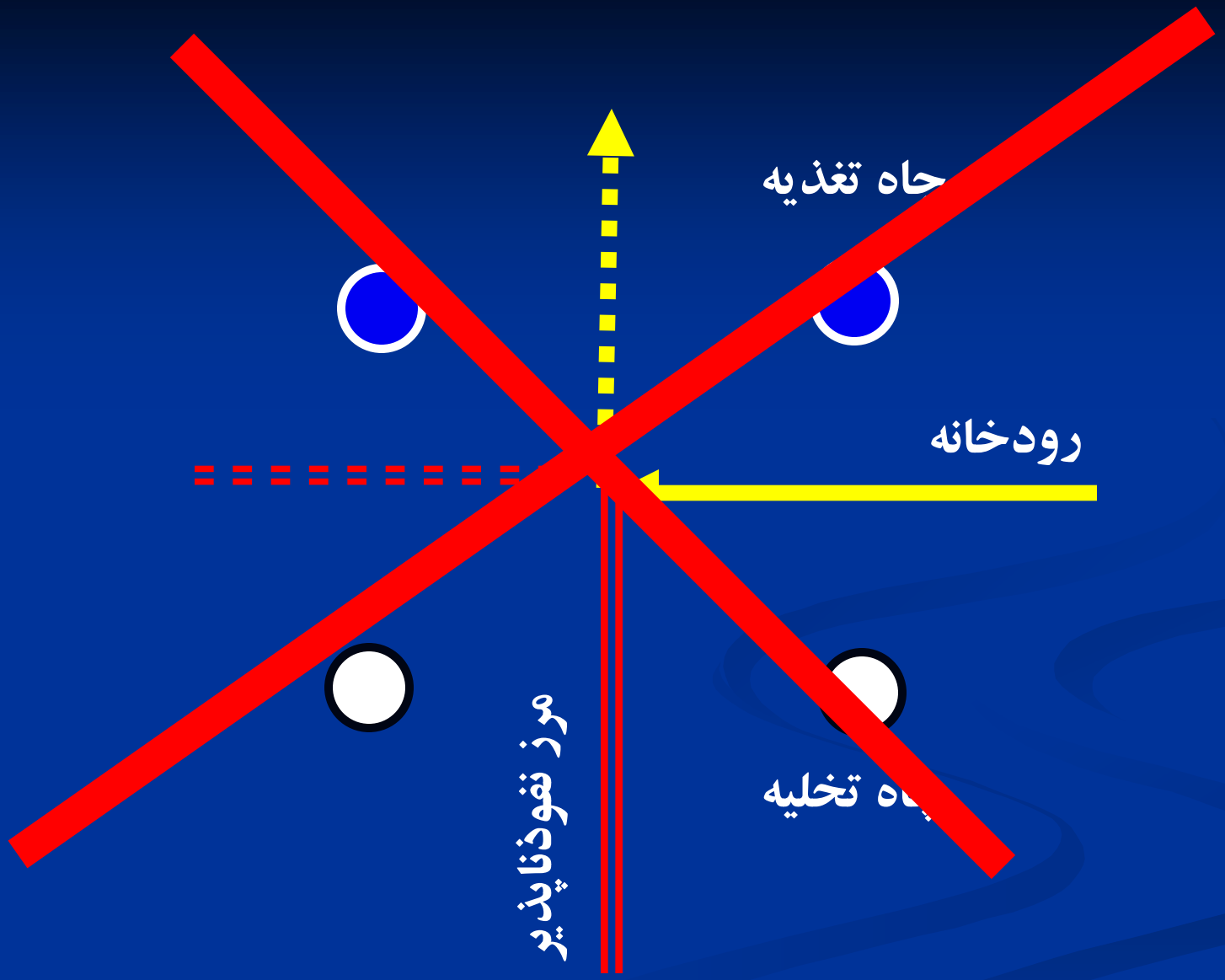


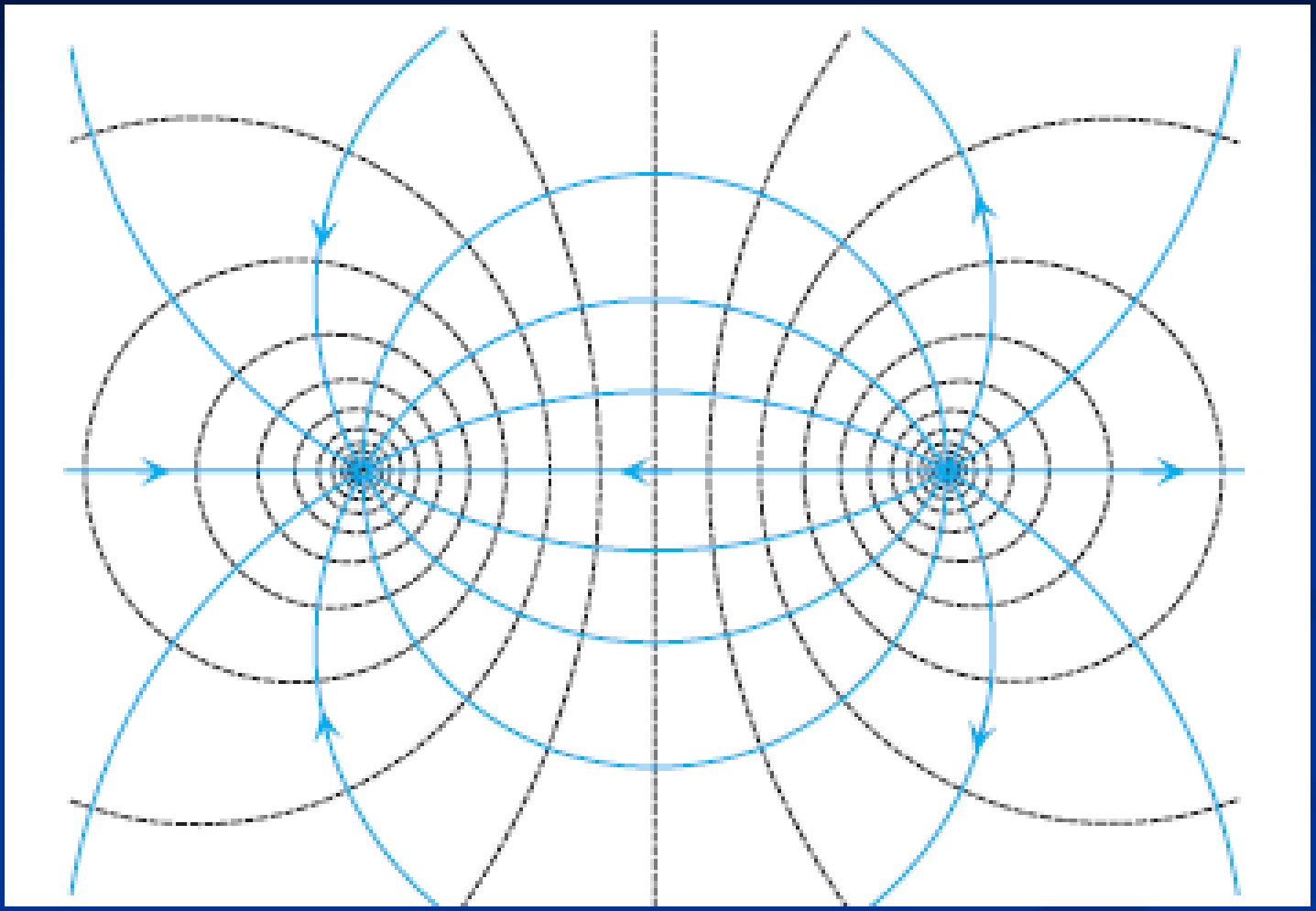

مرز نفوذناپذیر
مرز نفوذناپذیر
چاه تخلیه

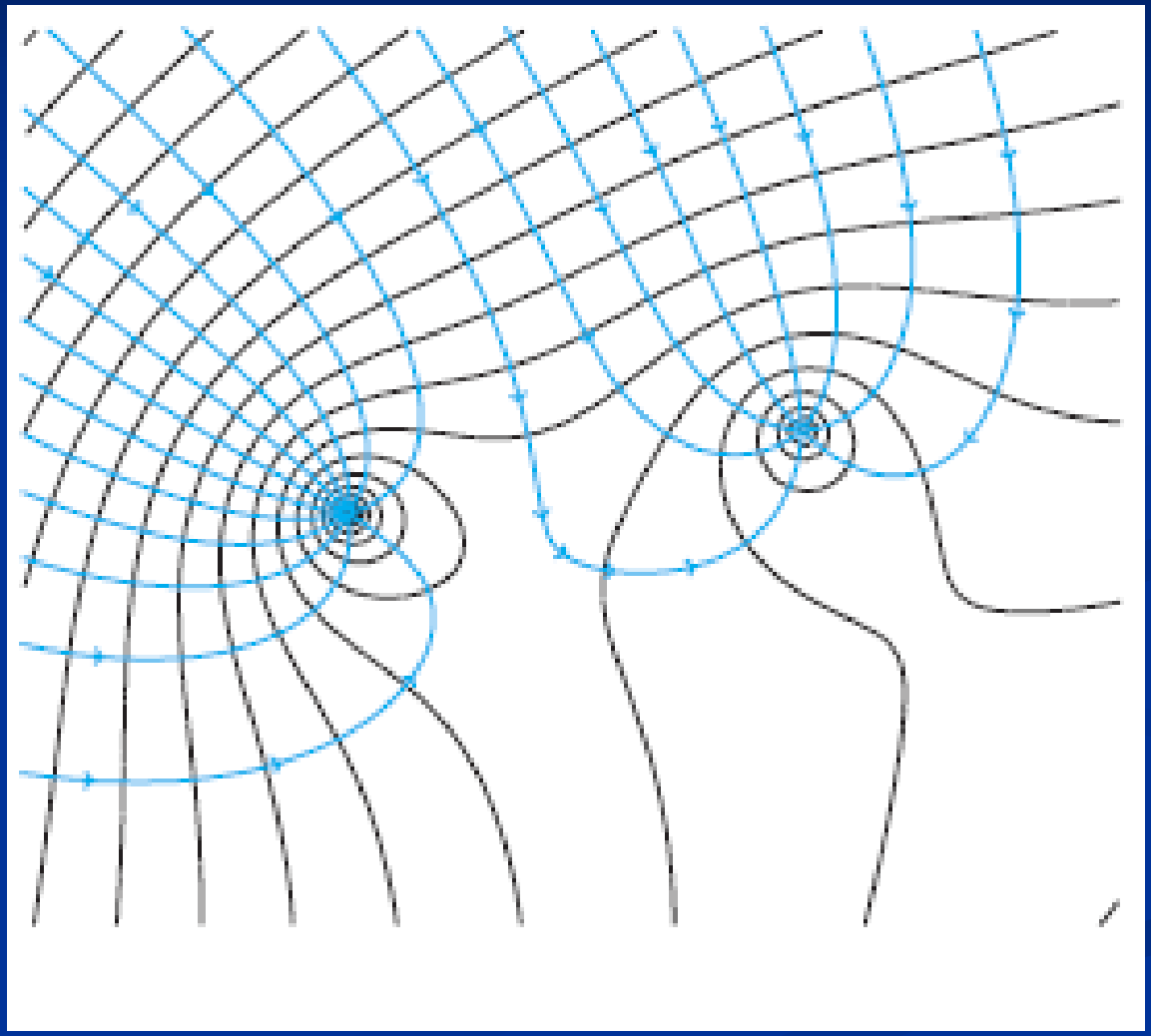

چاه تغذیه مجازی
رودخانه
چاه تخلیه حقیقی
رودخانه

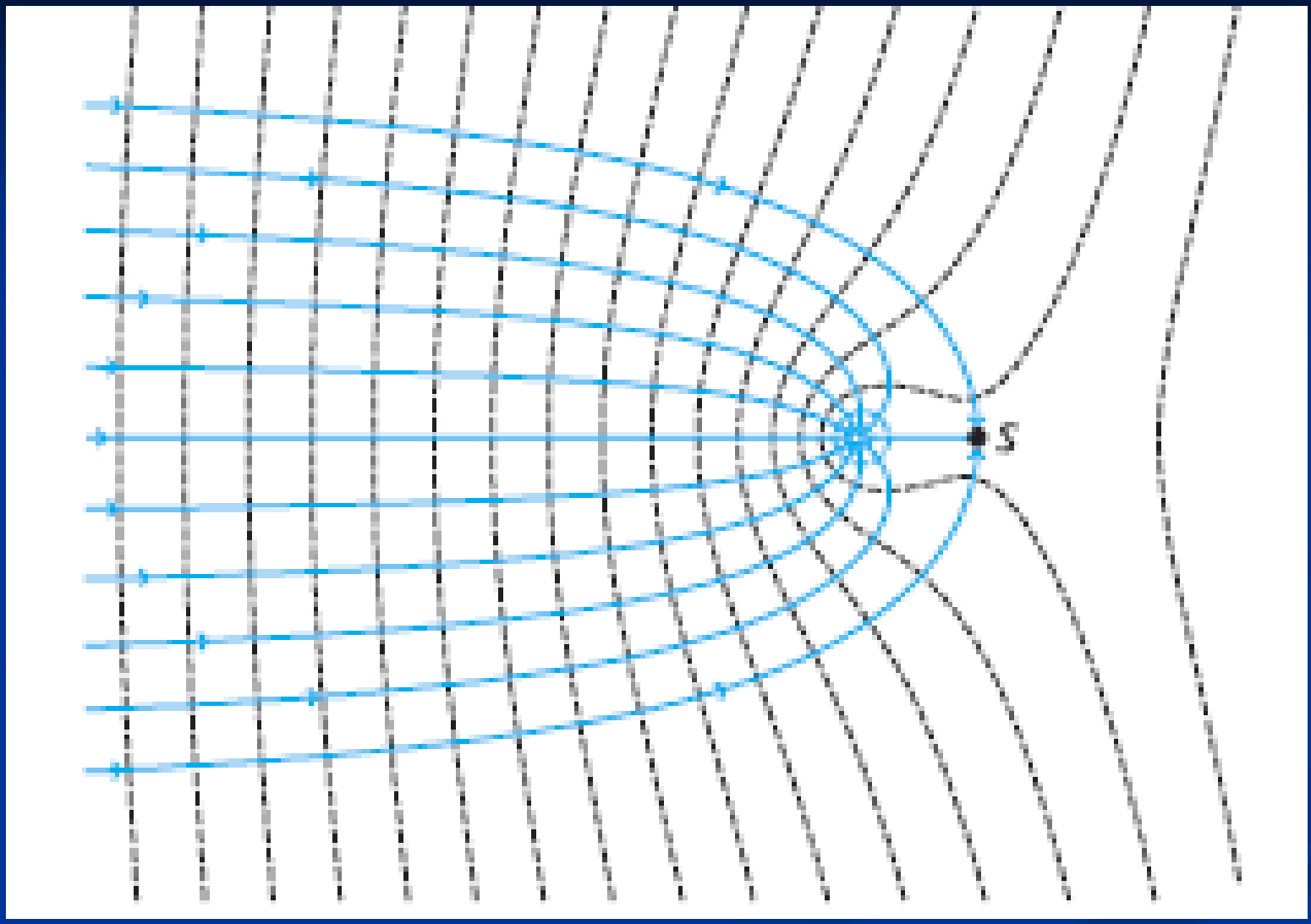

چاه تغذیه
مرز نفوذناپذیر
چاه تخلیه
رودخانه

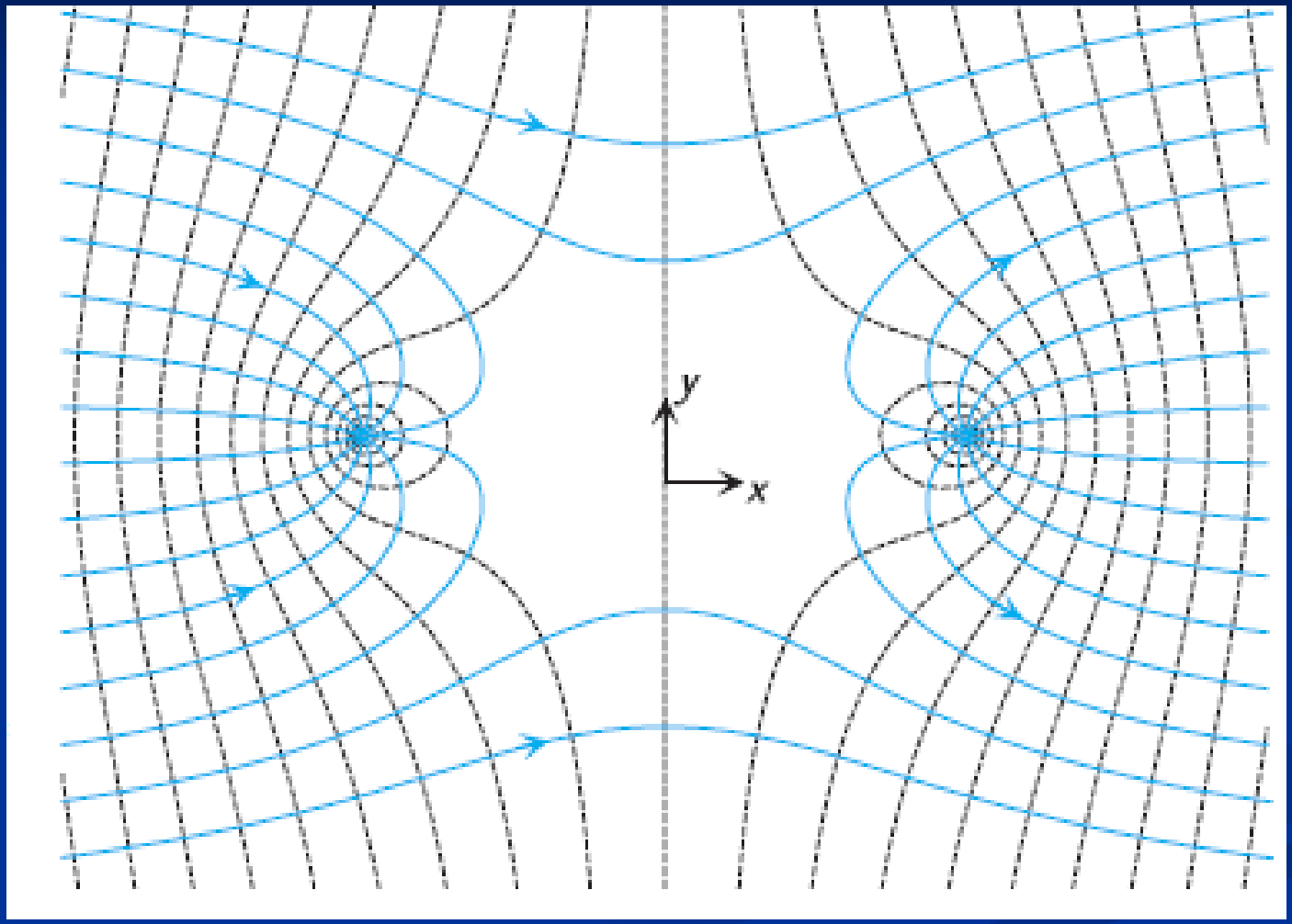

چاه تغذیه
رودخانه
مرز نفوذناپذیر
چاه تخلیه

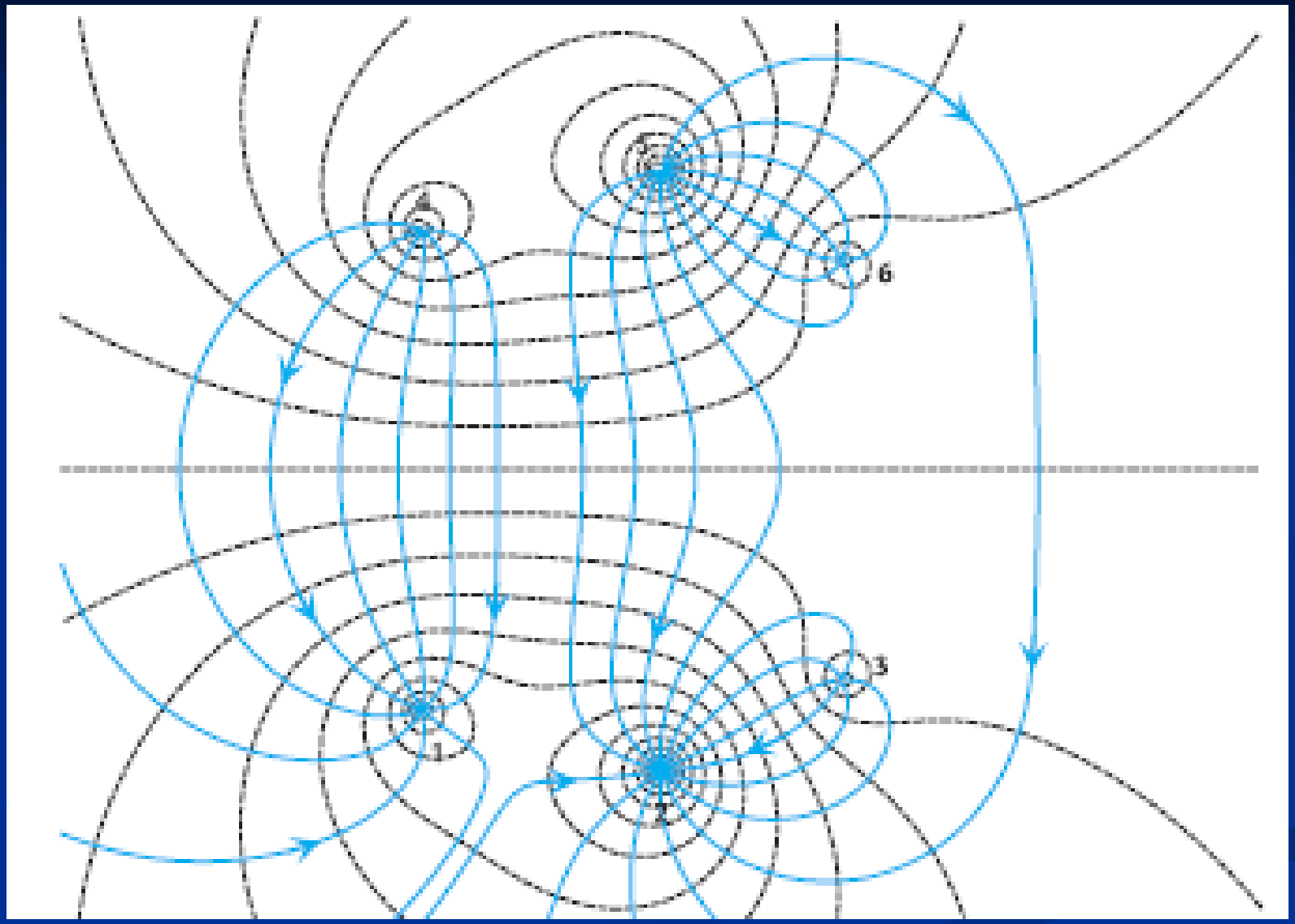

چاه تغذیه
رودخانه
مرز نفوذناپذیر
چاه تخلیه



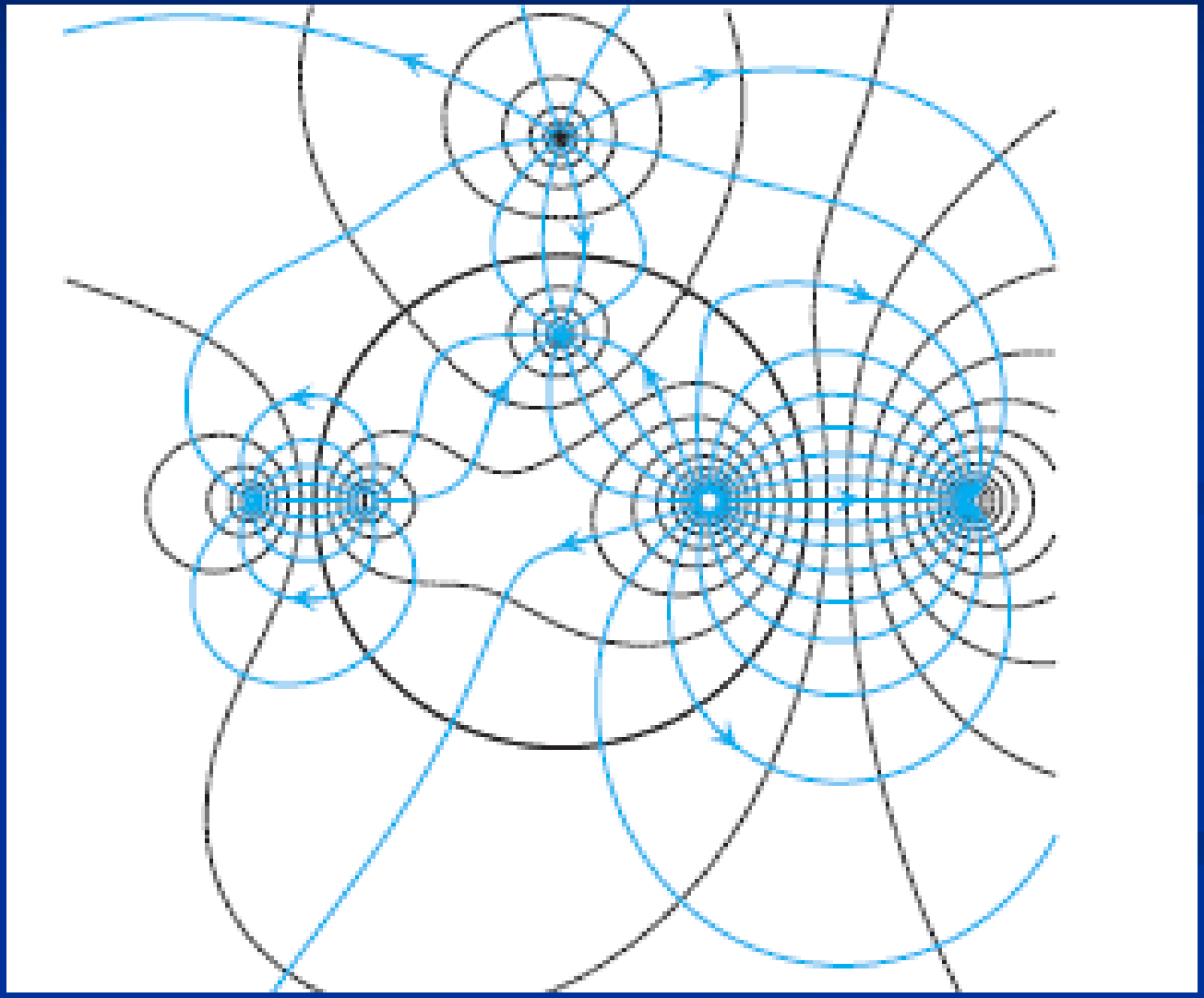



S

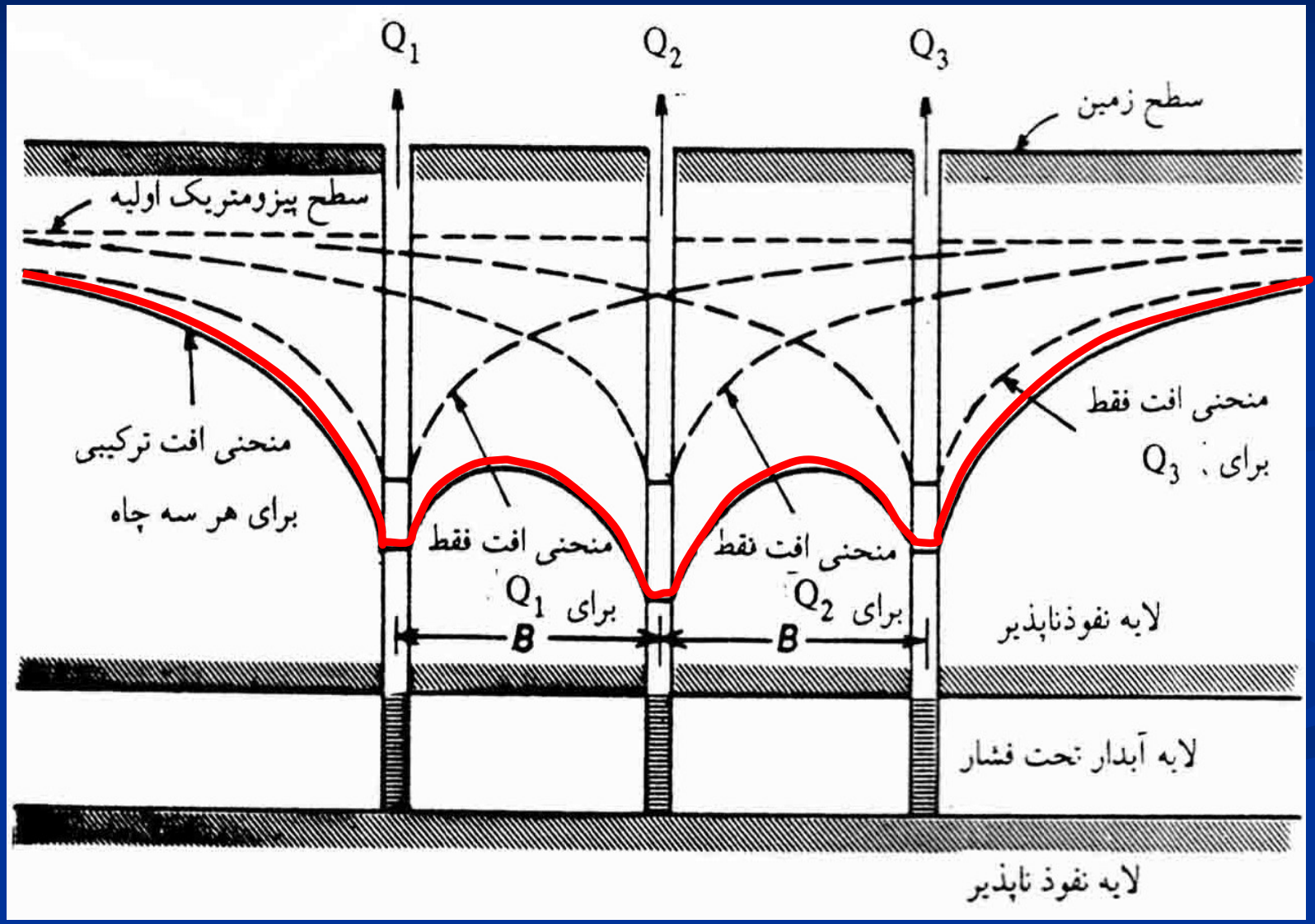

y
x


6
3
1

سیستم های چند چاهی



$$D_t = D_1 + D_2 + D_3$$


Q_1
Q_2
Q_3
سطح زمین
سطح پیزومتریک اولیه
منحنی افت ترکیبی
برای هر سه چاه
منحنی افت فقط
برای Q_1
منحنی افت فقط
برای Q_2
منحنی افت فقط
برای Q_3
B
B
لایه نفوذناپذیر
لایه آبدار تحت فشار
لایه نفوذ ناپذیر

آبخوان آزاد

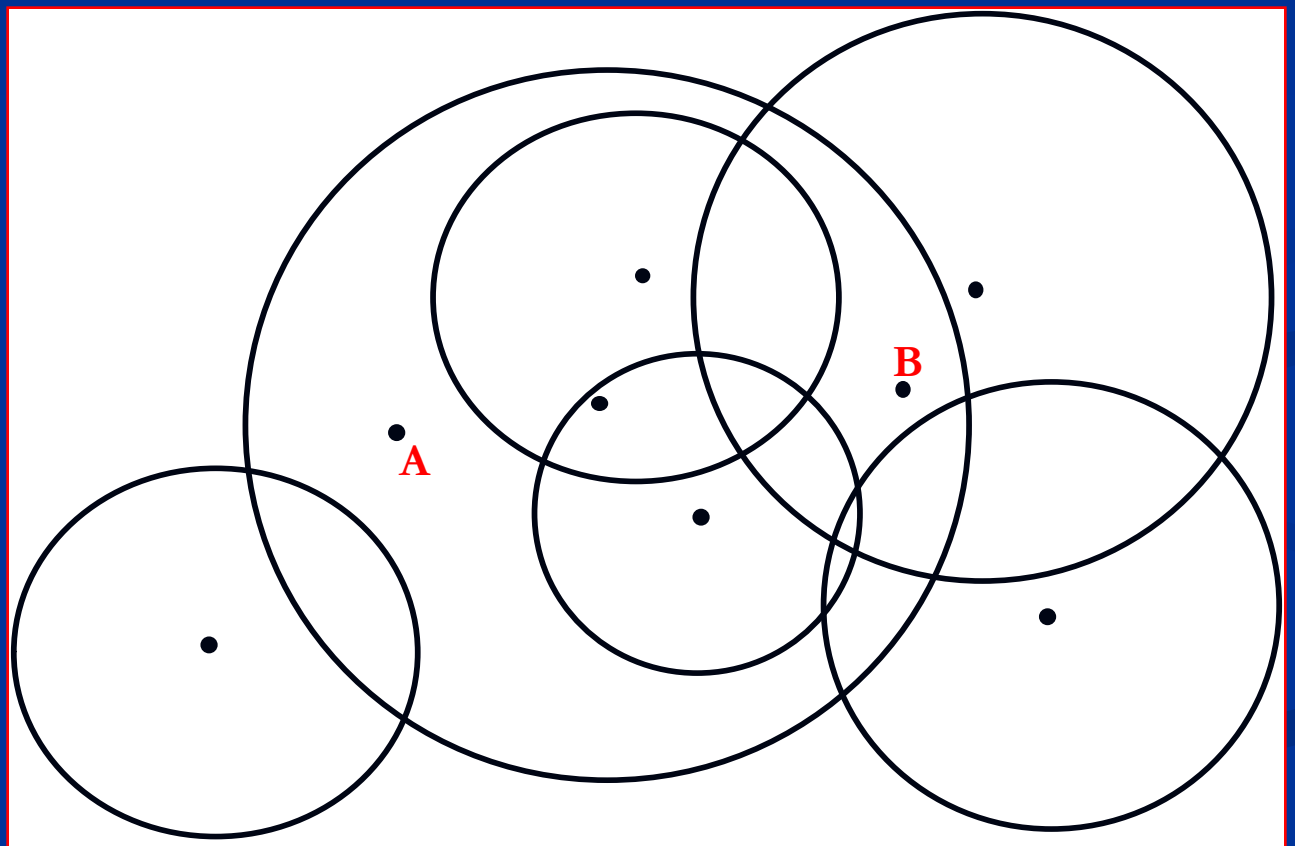
$$h_0^2 - h^2 = \sum \frac{Q_i}{\pi K} \ln \frac{R_i}{r_i}$$

تحت فشار

$$h_0 - h = \sum \frac{Q_i}{2\pi Kb} \ln \frac{R_i}{r_i}$$

که در آن s (ΔH) میزان افت در یک نقطه معین ، Q_i دبی چاه i ام ، R_i فاصله چاه i ام تا نقطه ای که در آن افت صفر است(شعاع تاثیر) ، r_i فاصله چاه تا نقطه معین و K , b نفوذپذیری و ضخامت آبخوان تحت فشار است.

شکل زیر نقشه شعاع تاثیر و موقعیت چاه های پمپاژ در یک آبخوان تحت فشار به ضخامت ۳۰ متر و نفوذپذیری ۰.۰۰۰۳ متربرثانیه ،که با دبی ثابت و برابر ۱۰ مترمکعب در ثانیه توسط ۶ چاه پمپاژ می شود را نشان می دهد. میزان افت را در نقاط A,B بدست آورید.



پایان

مفاهیم

۱- اکتشاف آب زیر زمینی

۲- رفتارنگاری چاه

اکتشاف آب زیر زمینی و رفتارنگاری چاه

۱. بررسی های اولیه و مطالعات زمین شناسی
۲. مطالعات آبشناسی
۳. مطالعات ژئوفیزیکی و ژئوالکتریک
۴. حفاری های اکتشافی
۵. چاه نگاری
۶. مطالعات کیفی آبهای زیرزمینی
۷. معادله بیلان آب
۸. قنات و چشمه

مطالعات زمین شناسی

۱. مبنای تهیه نقشه های اکتشاف آب نقشه های زمین شناسی است.

۲. نقشه های توپوگرافی

۳. مقیاس نقشه ها

۴. ویژگی مواد زمین

۵. گسترش سطحی و عمقی سازندهای مستعد ذخیره آب

۶. نحوه ارتباط هیدرولیکی بین سازندها

مطالعات آبشناسی و هیدروژئولوژی

۱. مقدار بارش و برآورد نزولات جوی
۲. تعیین دبی جریان های سطحی
۳. تغییرات ذخیره آب های سطحی و آب زیرزمینی
۴. تبخیر وتعرق و میزان نفوذ
۵. جریان های ورودی و خروجی زیر زمینی
۶. بررسی نقاط تراوشی مثل قنوات و چشمه ها
۷. تهیه آمار و وضعیت چاههای قدیمی موجود

بررسی های ژئوفیزیکی

۱. ژئوالکتریک

۲. لرزه نگاری

عوامل مؤثر در هدایت الکتریکی

۱- حجم خلل و فرج موجود در سنگ و میزان شکستگی‌ها

۲- وضع قرار گرفتن خلل و فرج سنگ و ارتباط آنها با یکدیگر

۳- حجمی از خلل و فرج سنگ که حاوی آب می‌باشد

۴- قابلیت هدایت الکتریکی آب موجود در سنگ

۵- جنس کانی‌های تشکیل دهندهٔ سنگ

کاربرد نیمرخ های ژئوالکتریک

۱. بررسی تغییرات عمق سنگ کف
۲. تعیین ضخامت آبرفت
۳. شناسایی دره های مدفون
۴. تغییرات کیفی آبهای زیر زمینی
۵. بررسی تاثیر گسل ها
۶. یافتن محل ذخایر آب زیر زمینی

چاههای عمیق به دو روش ضربه ای و دورانی حفر می شوند

حفاری ضربه ای: در این روش حفاری ضربات متوالی مته در ته چاه موجب خرد کردن سنگها می شود. سپس توسط گل کش مواد خرد شده از کف چاه خارج شده و حفاری ادامه می یابد.

روش حفاری دورانی: در این روش مته به انتهای یک سری لوله های تو خالی به نام لوله حفاری یا سوزن حفاری متصل می شود. برای خارج کردن مواد کنده شده از گل حفاری استفاده می شود.

ابزار حفاری ضربه ای

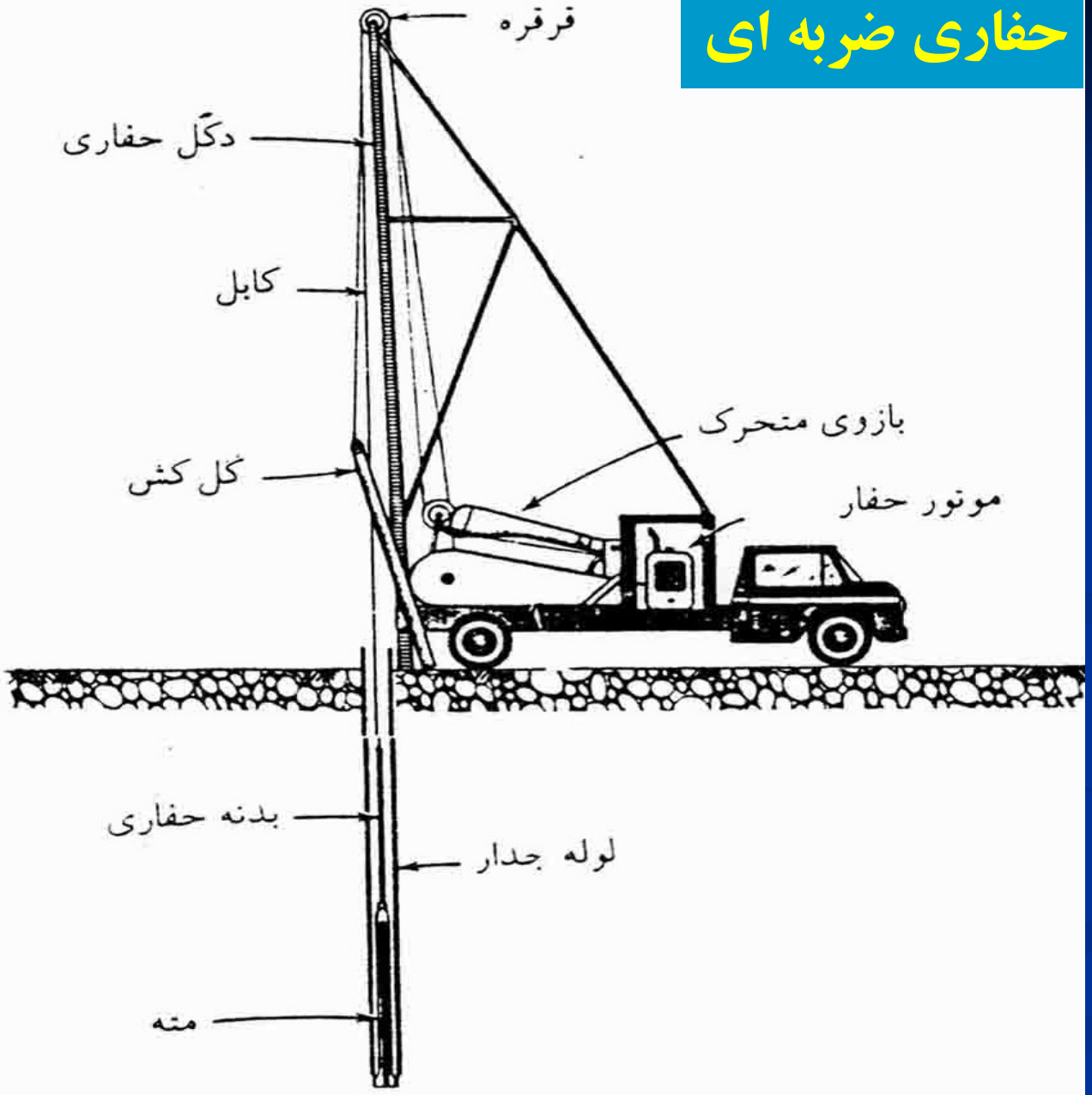
مته حفاری: مهمترین قسمت ابزار حفاری است و عمل خرد کردن سنگها و حفر چاه توسط این قسمت انجام می گیرد.

ابزار حفاری ضربه ای

بدنه یا ساقه حفاری: میله فولادی بلندی است که باعث افزایش وزن و طول ابزار حفاری و حفر سریع و قائم چاه می شود.

گلویی دوار: ابزار حفاری رابه کابل متصل می کند وباعث می شود که ابزار حفاری بتواند نسبت به کابل کمی گردش کند.

حفاری ضربه ای



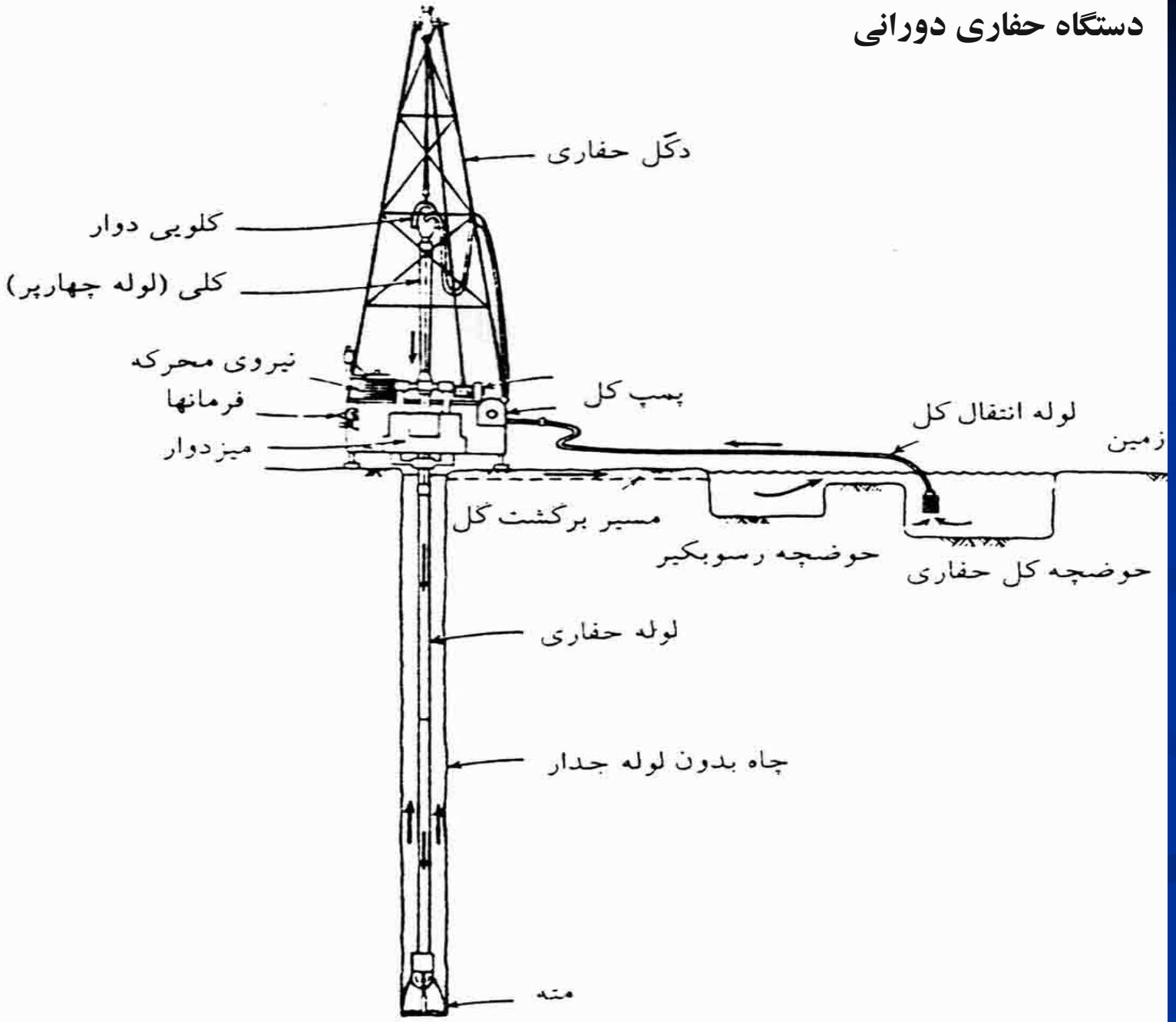
نکته :

- در حفاری ضربه ای عمل حفر متناوباً قطع می شود تا مواد کنده شده از چاه خارج گردد.خارج کردن مواد کنده شده توسط گل کش انجام می گیرد.
- در هر عمقی که حفار با توجه به سرعت حفاری تغییر جنسی در لایه ها احساس کند، نمونه برداری می شود.

معایب روش حفاری ضربه ای

- محدودیت عمق حفاری
- سرعت کم حفاری
- مشکلات بیرون کشیدن لوله هائی است که در ضمن حفـاری در چاههای عمیق گذارده می شود.

دستگاه حفاری دورانی

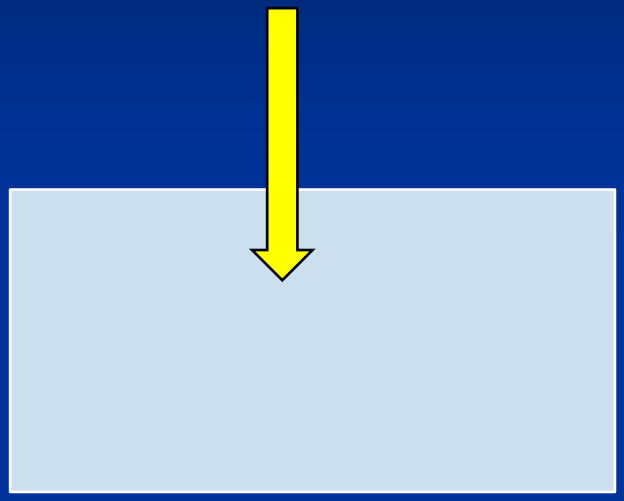


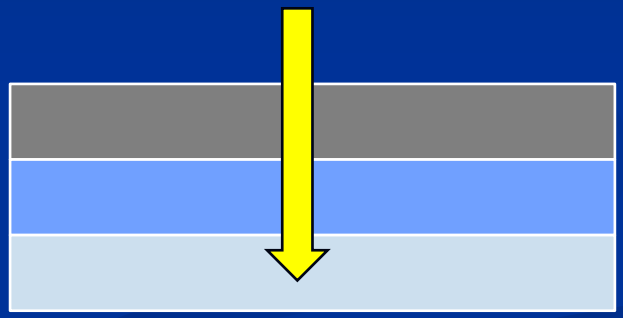
عوامل مؤثر در سرعت حفاری دورانی

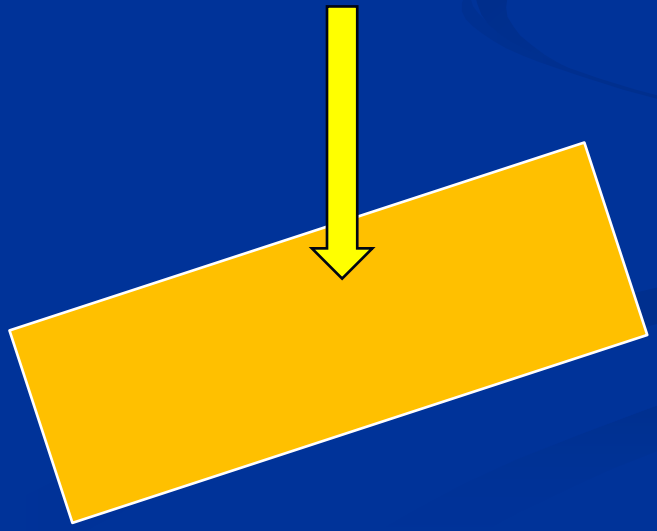
- سختی سنگ
- اندازه ونوع مته
- سرعت چرخش مته
- مجموع وزن روی مته
- خواص گل حفاری
- فشار گل در ته چاه و گردش گل حفاری

تاثیر عوامل زمین شناسی و تکتونیکی در حفاری:

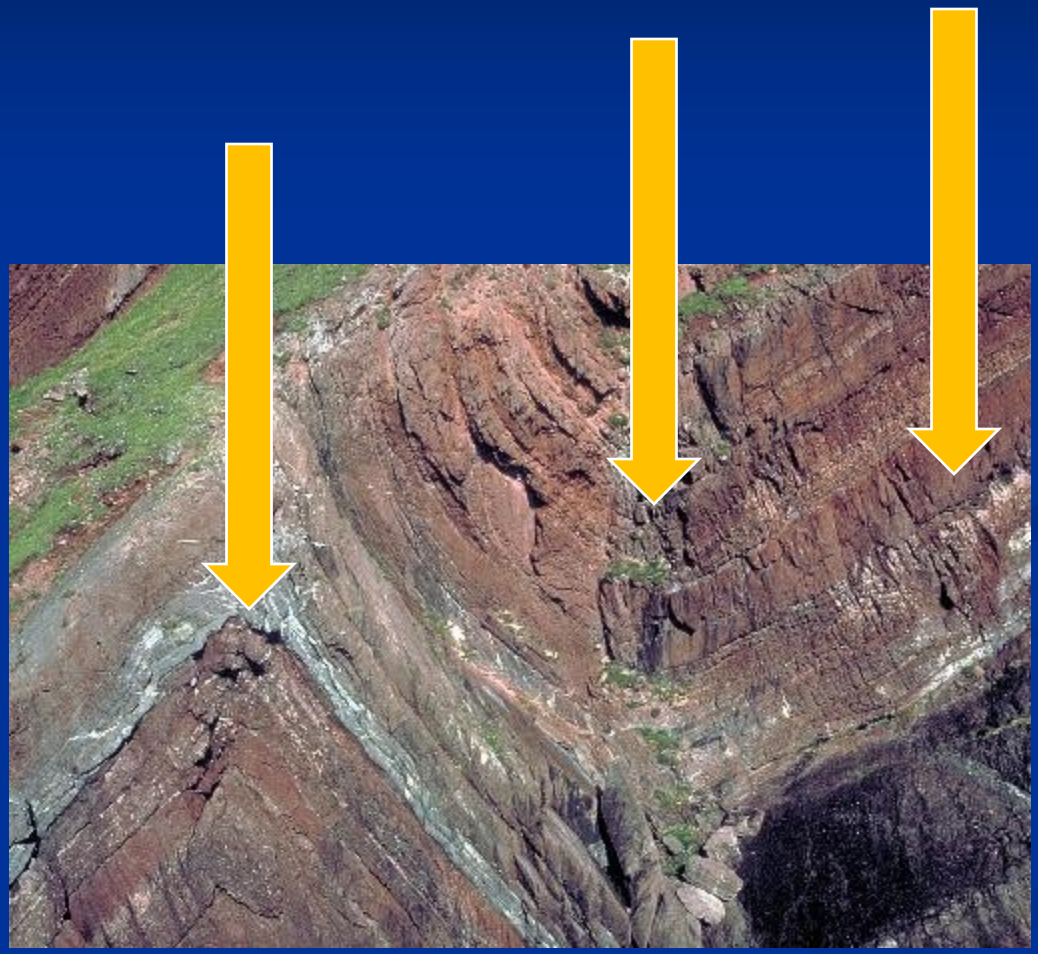
۱– شیب و امتداد لایه



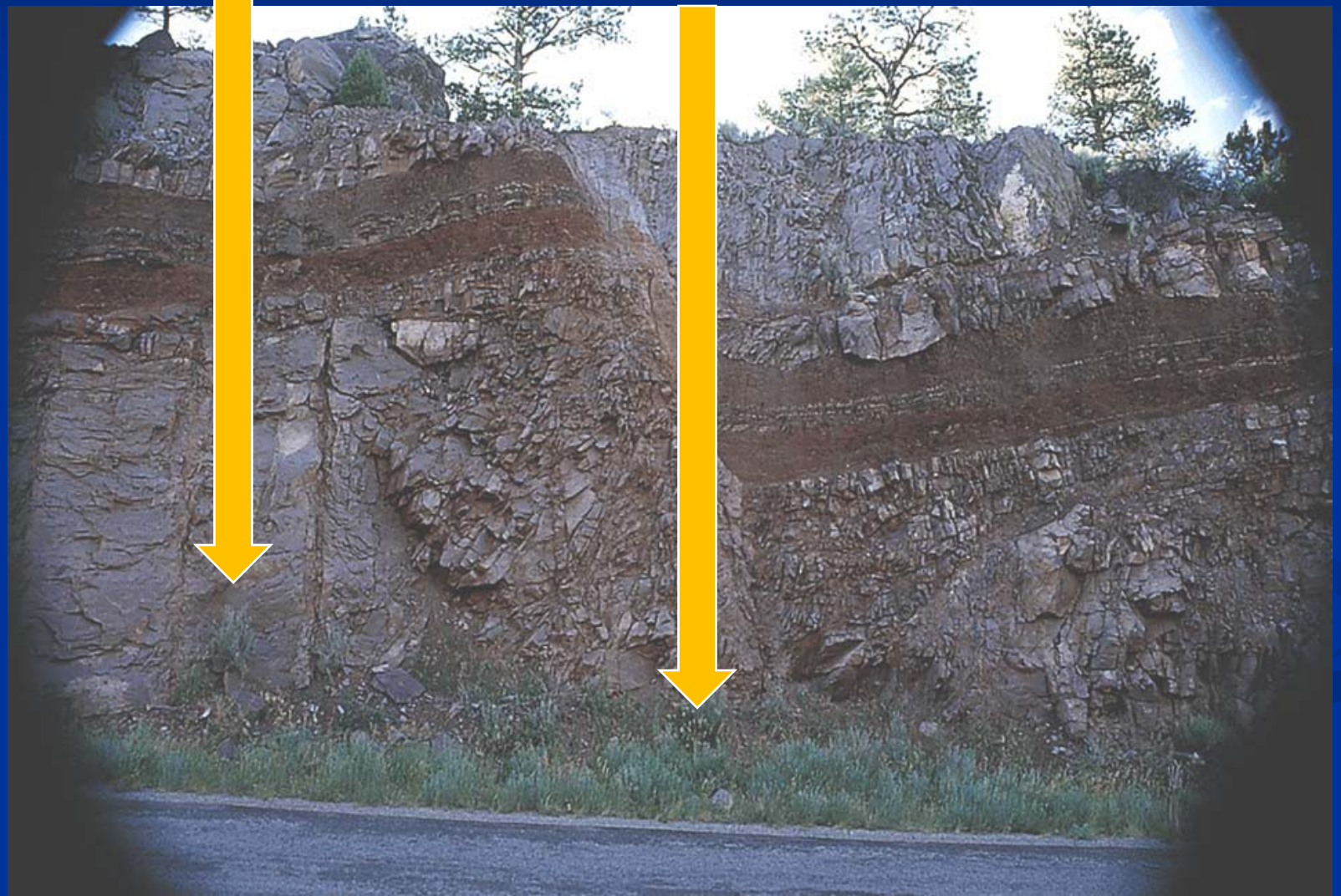




۲- چین خوردگی:



۳- گسل:



۴-لایه بندی و تورق

۶-هوازدگی

۶-هوازدگی

چاه نگاری(چاه پیمایی)

Well-Logging

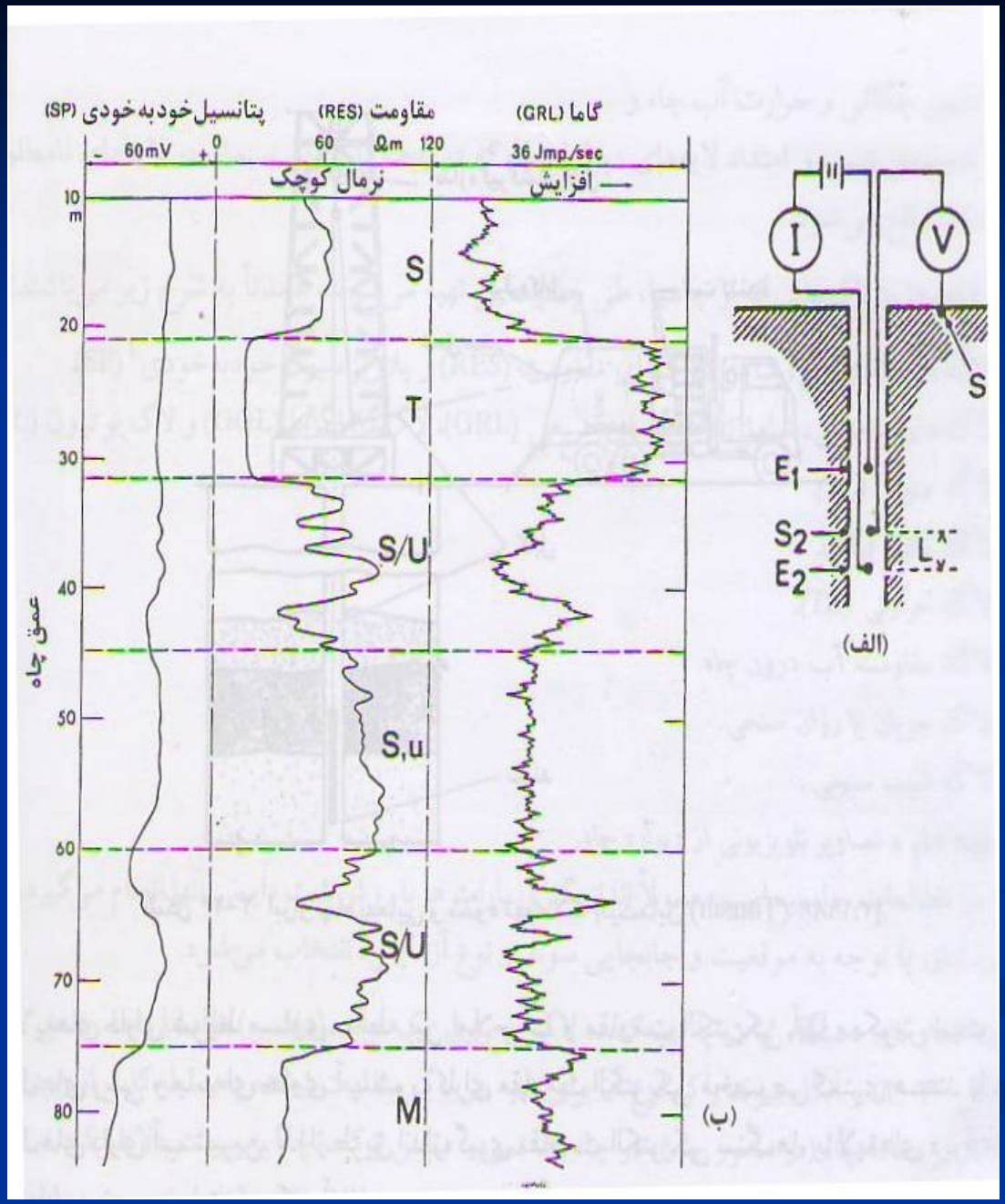
چاه نگاری عبارت است ازپایین بردن یک وسیله سنجش درداخل چاه که به منظور مطالعه خصوصیات فیزیکی لایه های دیواره چاه

کاربرد چاه نگاری :

۱. تفکیک لایه های حاوی آب شور و شیرین.
۲. تعیین میزان آبدهی لایه های دیواره چاه.
۳. تشخیص عمق دیواره سیمان شده چاه.
۴. تعیین چگالی وحرارت آب چاه.
۵. تشخیص شیب و امتداد لایه های دیواره چاه.

انواع نمودار(لاگ) های چاه نگاری

۱. لاگ های الکتریکی شامل RES و SP
۲. لاگ های تشعشعی شامل(GRL، GGL) و NL
۳. لاگ صوتی(SL)
۴. لاگ کالیبر(KL)
۵. لاگ حرارتی(TL)
۶. لاگ مقاومت آب درون چاه
۷. لاگ جریان یا روان سنجی
۸. لاگ شیب سنجی
۹. تهیه فیلم وتصاویر تلویزیونی ازدیواره چاه


پتانسیل خودبه خودی (SP)
مقاومت (RES)
گاما (GRL)
- 60mV + 0
60 Ωm 120
36 Jmp/sec
نرمال کوچک
افزایش
10 m
20
30
40
50
60
70
80
عمق چاه
S
T
S/U
S,u
S/U
M
(ب)
I
V
S
E1
S2
E2
L
(الف)

اطلاعات لازم جهت حل معادله بیلان آب

- مقدار بارش
- دبی جریان های سطحی
- تغییرات ذخیره سطحی
- تغییرات ذخیره آب زیر زمینی
- تبخیر و تعرق
- جریان های ورودی و خروجی زیر زمینی

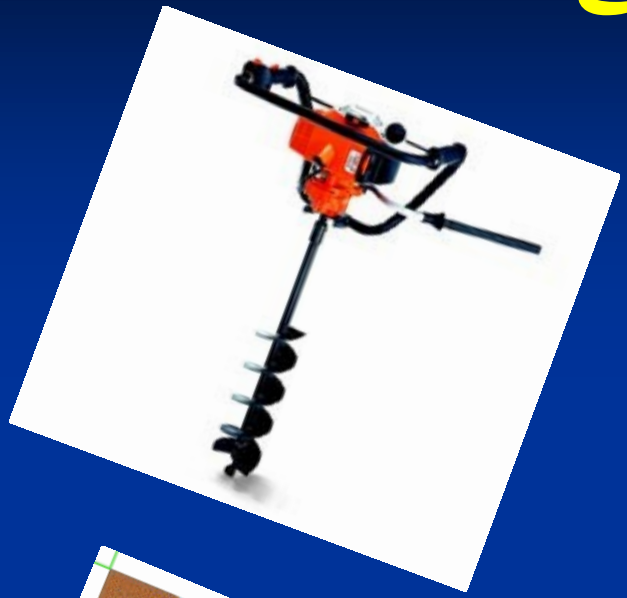
استخراج آب زیرزمینی

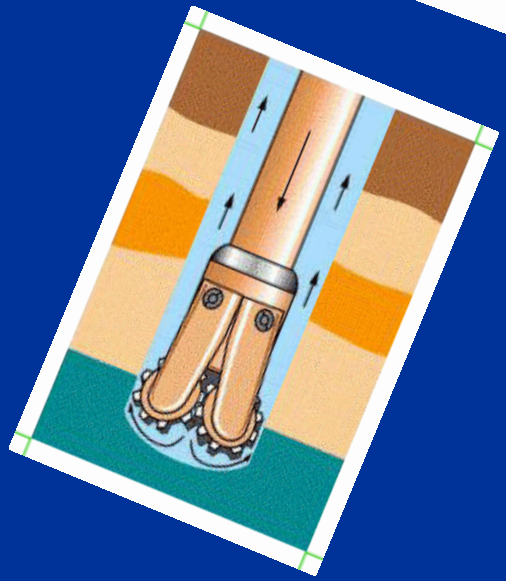
آب زیرزمینی به سه طریق چاه، چشمه و قنات استخراج می شود.

۴۵۰/۰۰۰ حلقه چاه عمیق

۳۰/۰۰۰ رشته قنات

روشهای حفاری





۱. سیستم حفاری دستی
۲. سیستم حفاری ضربه ای
۳. سیستم حفاری دورانی (چرخشی)
۴. سیستم حفاری ضربه ای – چرخشی

چاه یک سوراخ استوانه ای شکل عمودی است که در زمین کنده می شود و عمیق ترین چاه حفر شده تا کنون ۱۶ کیلومتر عمق دارد. چاه ها بر حسب عمق، روش کنده شدن و کاربرد به انواع مختلف تقسیم می شود

عمق حفاری	نوع حفاری	کاربری چاه
چاه سطحی چاه نیمه عمیق چاه عمیق	چاه دستی چاه ماشینی	چاه اکتشافی چاه پیزو متری چاه گمانه ای چاه مشاهده ای
چاه کامل (تا سنگ کف) چاه ناکامل	چاه آرتزین (تحت فشار) چاه نیمه آرتزین (نیمه تحت فشار)	

انتخاب قطر چاه

$$D = \frac{m.Q}{\pi.h.S_w}$$

D = قطر چاه به متر، m =ضریب تجربی برای چاه های بهره برداری عدد ۲۸۰ منظور می شود. Q = دبی مورد نظر (m^3/sec) S_W = قطر موثر دانه های رسوب آبخوان طبق نظر هازن (mm) و h= افت سطح آب درون چاه (m) می باشد.

تکمیل و تجهیز چاه

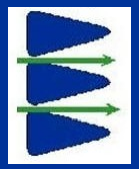
الف) لوله گذاری

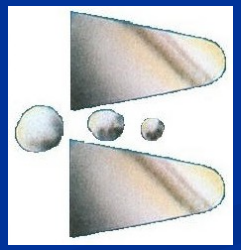
ب) صافی شنی (گراول پک)

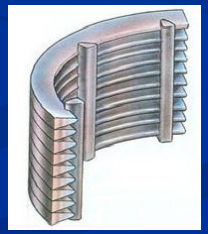
ج) توسعه چاه

لوله گذاری

لوله جدار دو نوع مشبک (اسکرین) و غیر مشبک







مقاطع عرضی لوله جدار اسکرین

ویژگی و وظایف لوله های جدار (Blair,1980):

۱- پس از شستشوی چاه از ماسه دهی جلوگیری کند.

۲- فرم شکاف باید طوری باشد که مانع بندآمدن روزنه ها شود.

۳- حداکثر سطوح شکاف را باید برای ورود آب به چاه داشته باشد.

۴- بزرگی ابعاد شکاف باید در سراسر آن در یک اندازه باشد.

۵- به اندازه کافی باید استحکام داشته باشد.

۶- حداقل ممانعت را در برابر ورود آب ایجاد کند.

۷- در برابر خوردگی و زنگ زدگی مقاوم باشد.

۸- از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

$q_f = 2r\pi hv_{\max}$

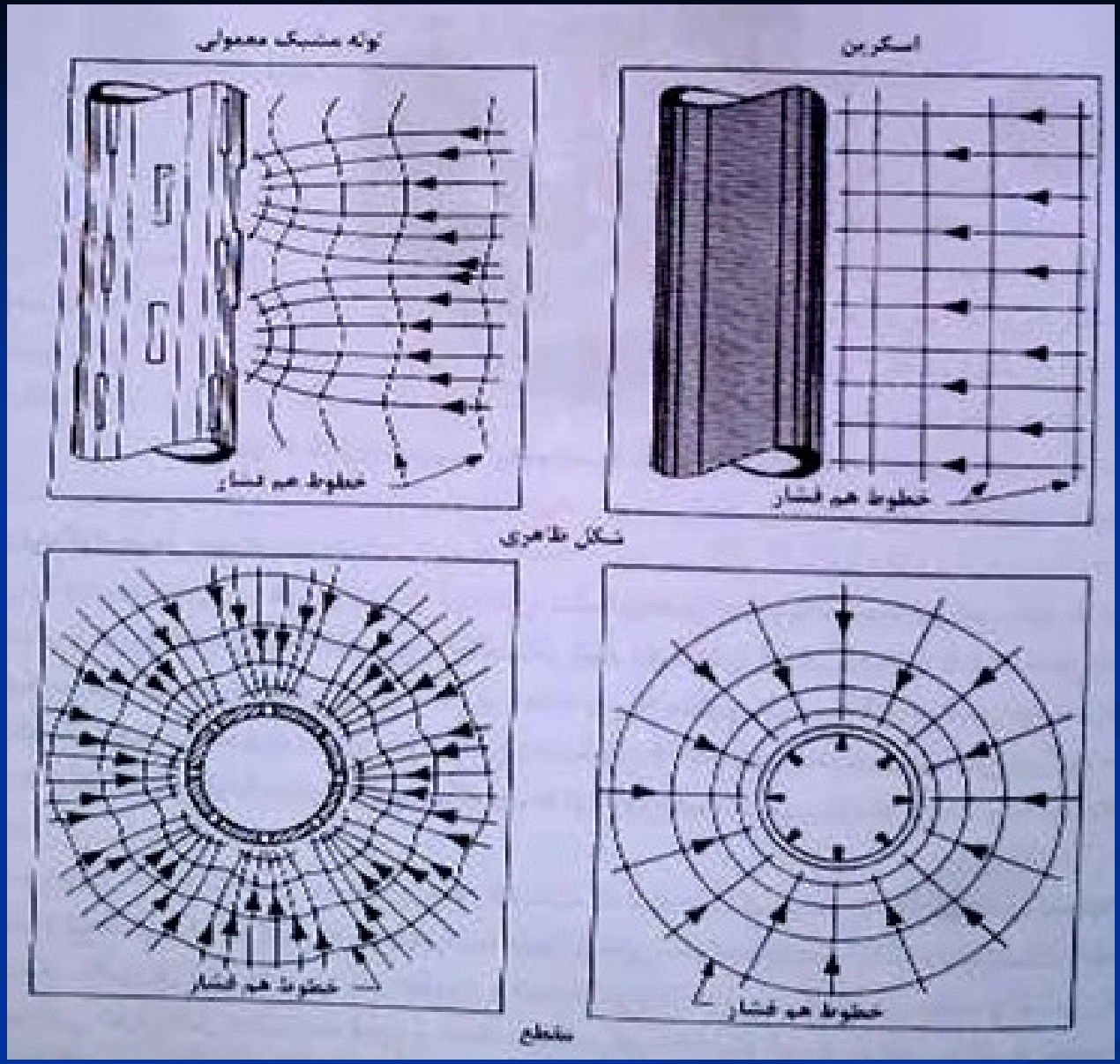
$\frac{m}{s}$

راه های مشبک کردن لوله جدار:

۱- سوراخ کردن لوله غیر مشبک بوسیله مته

۲- شکافتن لوله غیر مشبک بوسیله اره آهن بری

۳- ایجاد شکاف در لوله غیر مشبک بوسیله جوش اکسیژن



اثر روزنه های لوله جدار بر شبکه جریان

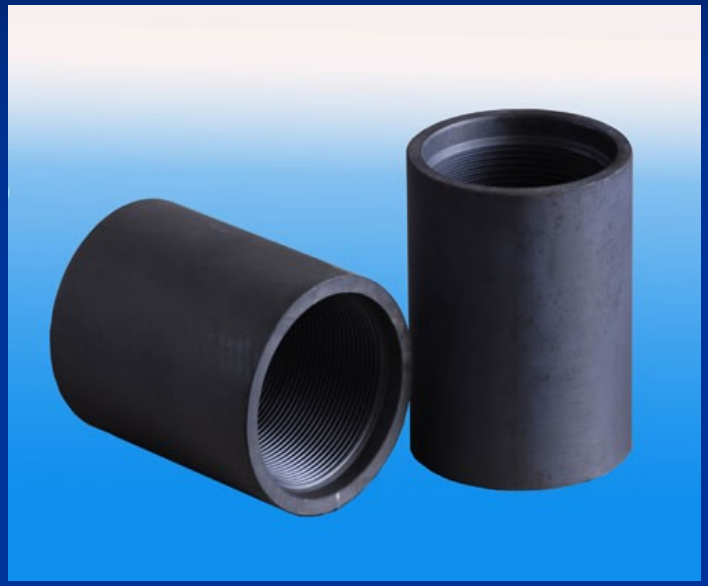
قدرت آبدهی چاه (q_f)

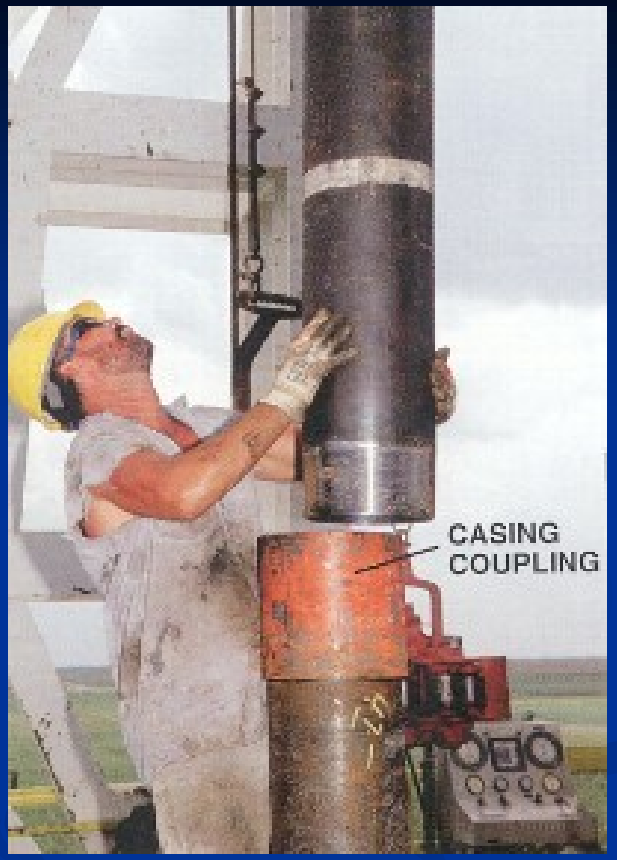
$$q_f = 2r\pi hv_{\max}$$

که در آن r = شعاع چاه، V_{max}= حداکثر سرعت آب ورودی بر چاه و

برابر $V_{max}=(K_f/_{15})^{\wedge 0.5}$ و k_f= ضریب نفوذ پذیری آبخوان و h= ارتفاع چاه

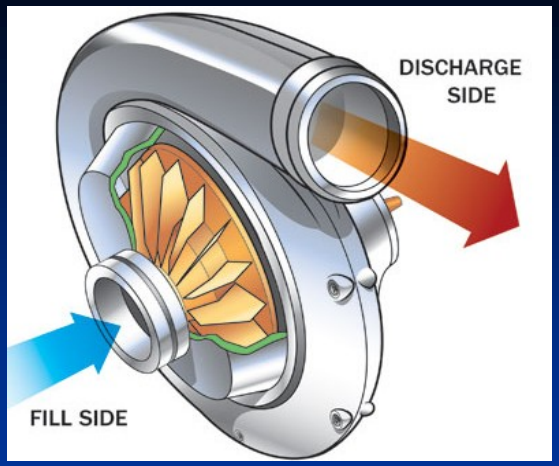
$$D = \frac{mQ}{\pi hsw}$$



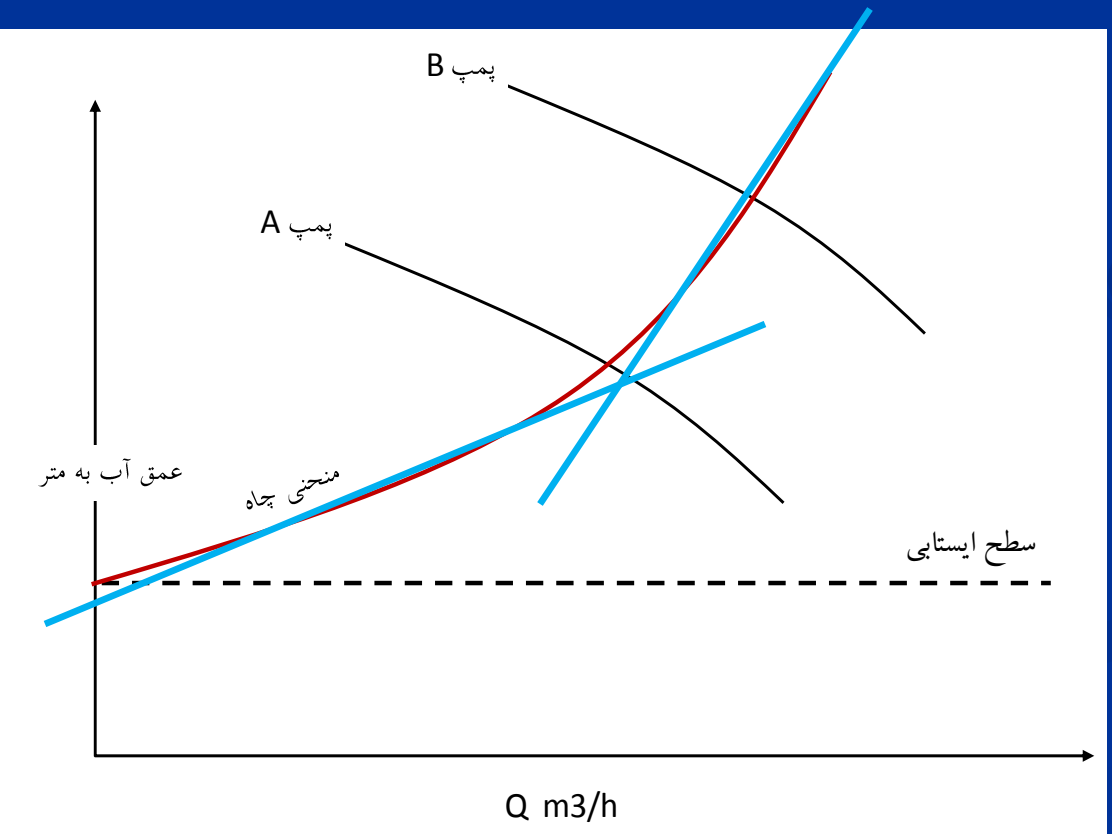


کاپلینگ کردن لوله های جدار(راست) وکاپلینگ(چپ)

$$D = \frac{mQ}{\pi hsw}$$



۱. پمپ های دنده ای
۲. پمپ های گریز از مرکز
۳. پمپ های توربینی
۴. پمپ های شناور



پمپ مناسب، پمپی است که منحنی آن، منحنی چاه را در محل نقطه عطف و یا نزدیک به آن قطع نماید(پمپ A).

$$D = \frac{mQ}{\pi hsw}$$

عوامل موثر بر عمق نصب پمپ

۱. عمق سطح ایستابی

۲. عمق سطح دینامیک در پله مورد نظر

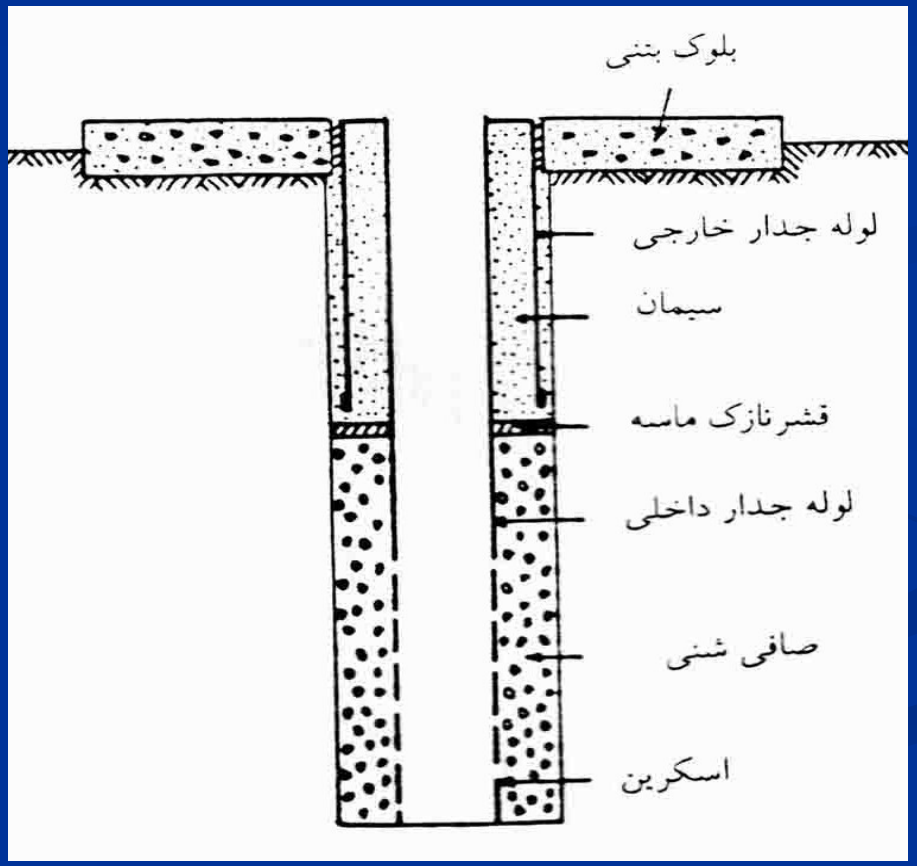
۳. تغییرات فصلی و سالانه سطح تراز آب زیرزمینی

۴. افت محلی سطح آب زیرزمینی

توسعه چاه

باز نمودن مسیر زه جریان آب در پیرامون چاه را توسه چاه نامند

توسعه چاه باعث افزایش قطر مؤثر، آبدهی و عمر چاه می شود.



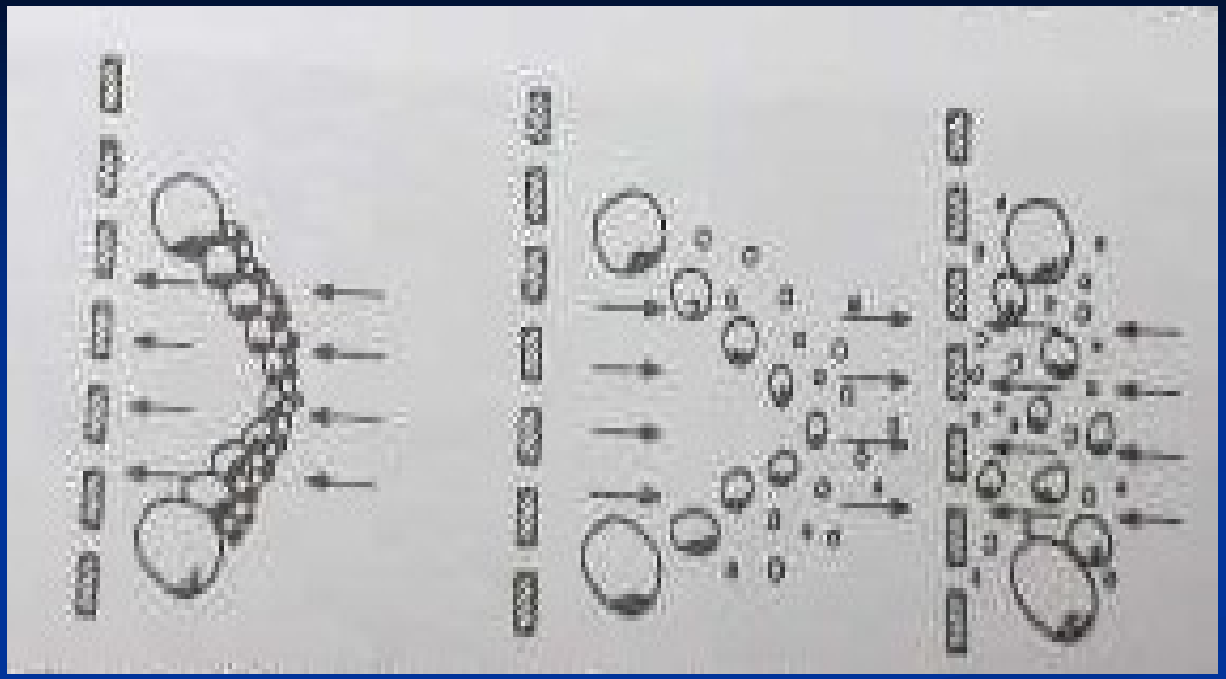
توسعه چاه

الف– شستشوی برگشتی (Backwashing)

ب– استفاده از سنبه ها

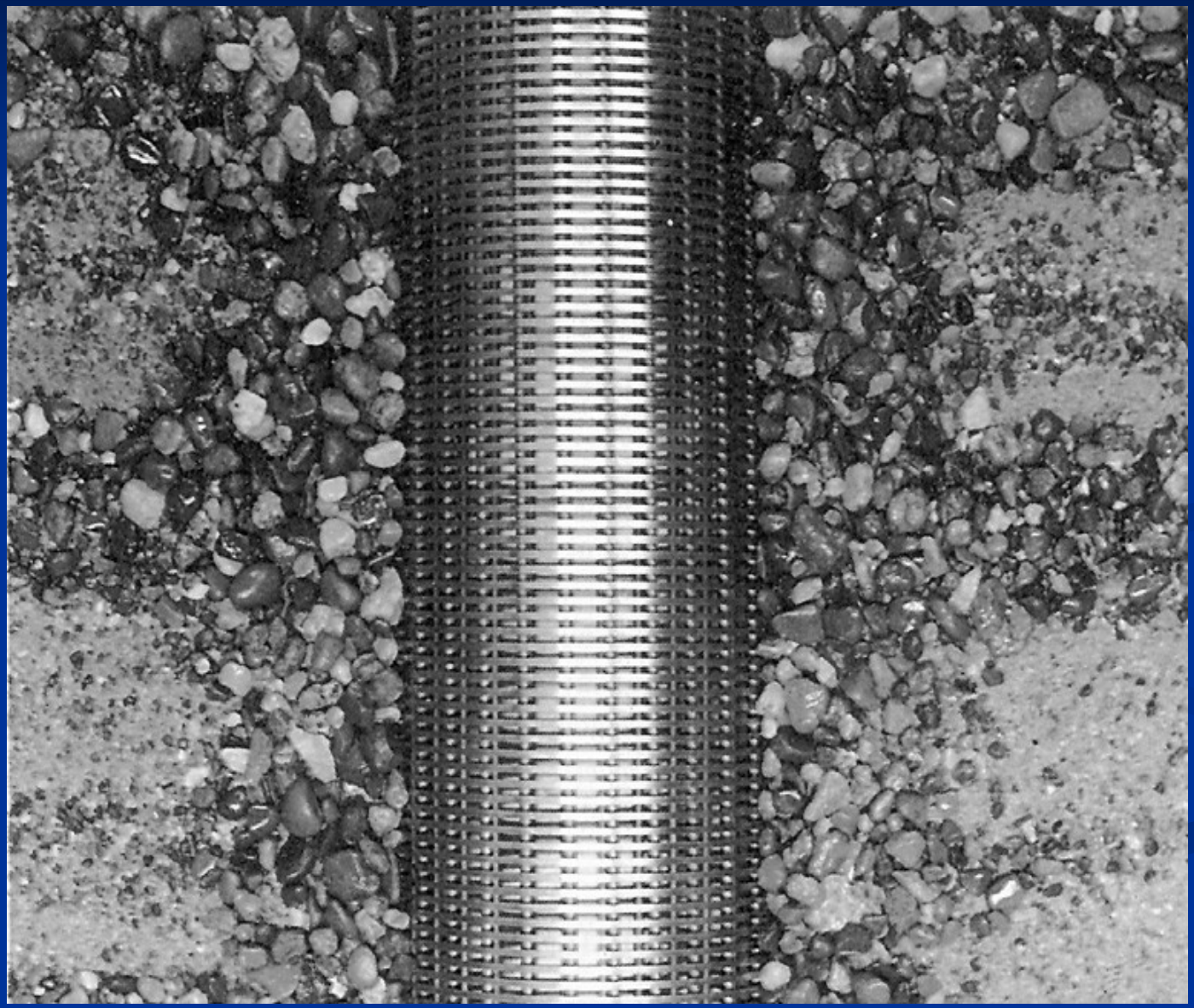
ج– با استفاده از هوا

د– گراول پکینگ (شن ریزی)



شکستن پل بندها توسط هوای فشرده یا آب

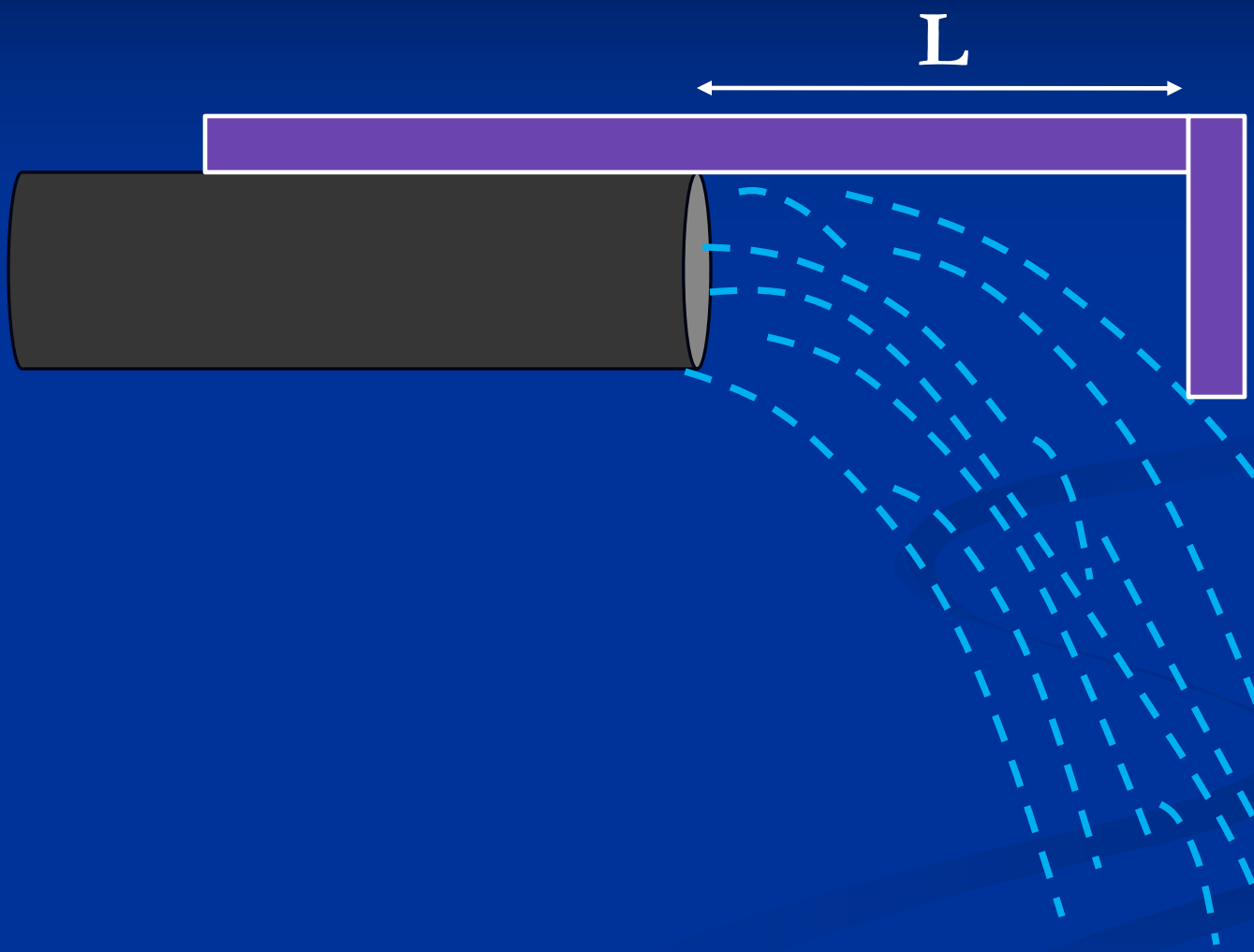
صافی شنی(گراول پک)



۱. ضخامت صافی شنی ۱۵تا ۲۵ سانتی متر است.

۲. معمولاً اندازه دانه ها در صافی شنی طوری انتخاب می شود که $d_{(50)}$ صافی ۵ برابر $d_{(50)}$ مواد تشکیل دهنده لایه آبدار باشد.

آزمون آبدهی چاهها



آزمون آبدهی چاهها

اندازه گیری در لوله آبده افقی وقتی لوله پر آب باشد $Q=KLD^2$

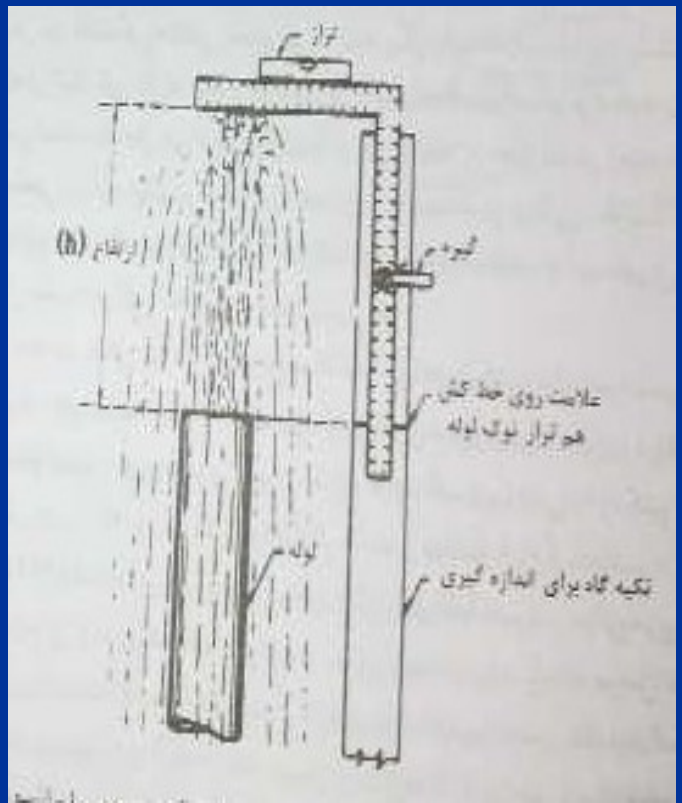
اندازه گیری در لوله آبده وقتی لوله کاملاً از آب پر نباشد $Q=KLDx$

که در آن Q= دبی چاه به لیتر بر ثانیه ، L= پرش آب در لوله افقی به سانتی متر، D= قطر داخلی لوله آبده به اینچ، K ضریب ثابت تابع لوله (جدول۷-۲)، X= ارتفاع قسمت پر لوله، H= پرش عمودی آب بر حسب سانتی متر.

آزمون آبدهی چاهها

$$Q = 0/223D^2\sqrt{H}$$

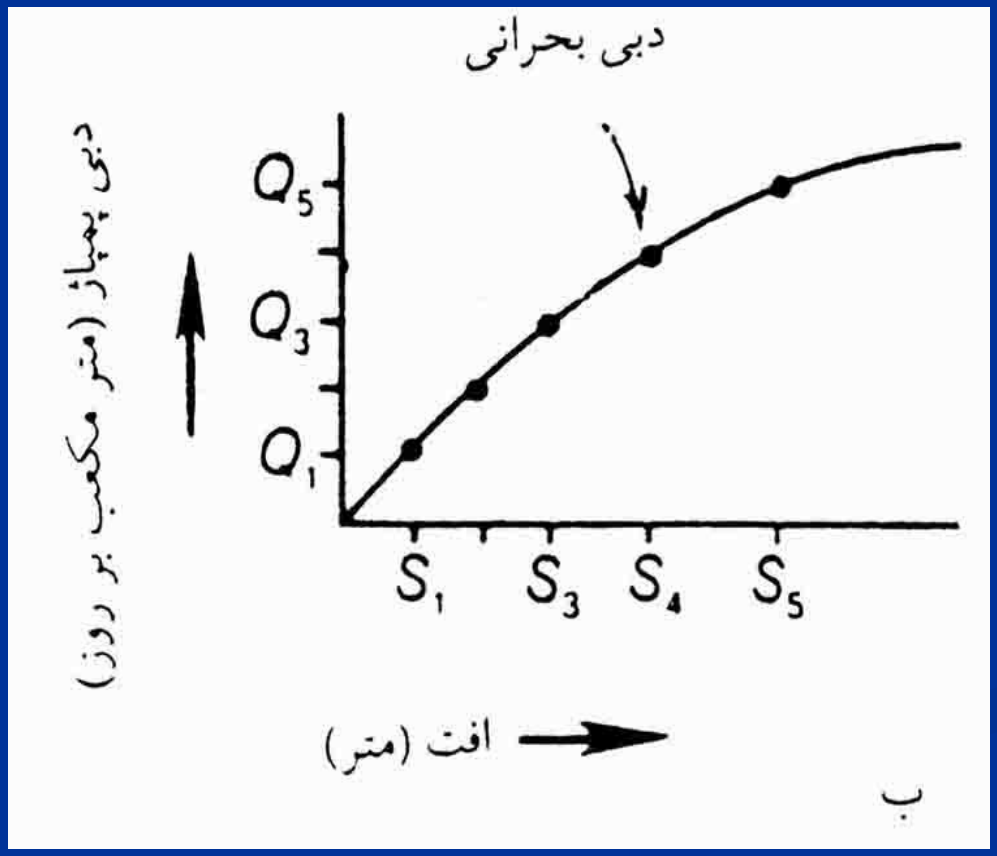
اندازه گیری از لوله آبده قائم

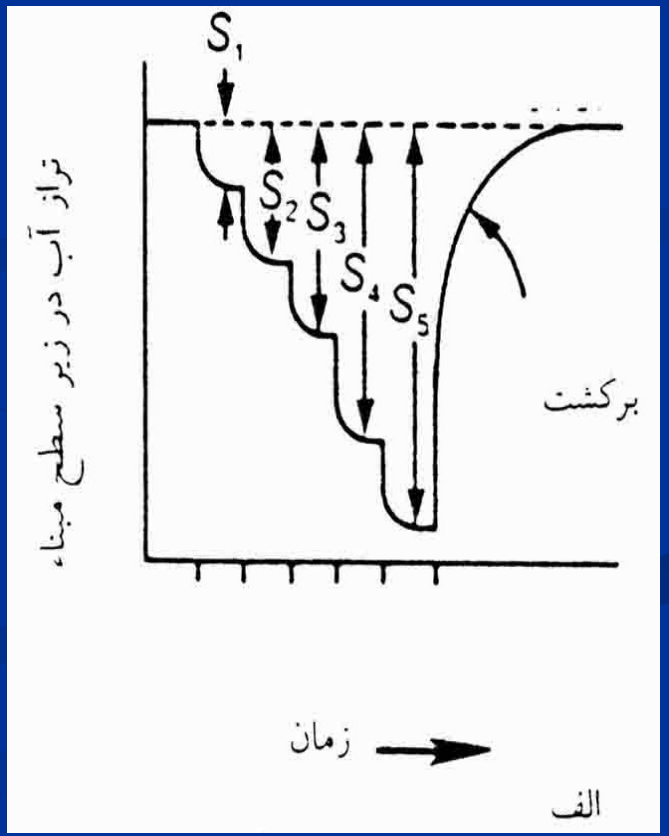


که در آن Q= دبی چاه به لیتر بر ثانیه ، D= قطـــر داخلـــی لوله آبده به اینچ، H= پرش عمودی آب بر حســـب ســـانتی متر.

دبی بحرانی

میزان آبدهی چاه را به ازاء رسیدن به سرعت بحرانی ،دبی بحرانی یا دبی حداکثر می گویند. برای محاسبه عملی دبی بحرانی از نتایج یک آزمایش افت پله ای استفاده می شود .

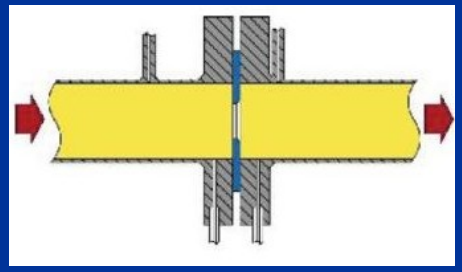




Orifice

برای اندازه گیری دبی آب چاهها از وسیله ای بنـام اریفـیس اسـتفاده می شود.

$$Q=kA\sqrt{2gh}$$



Q: دبی

A: سطح مقطع اریفیس

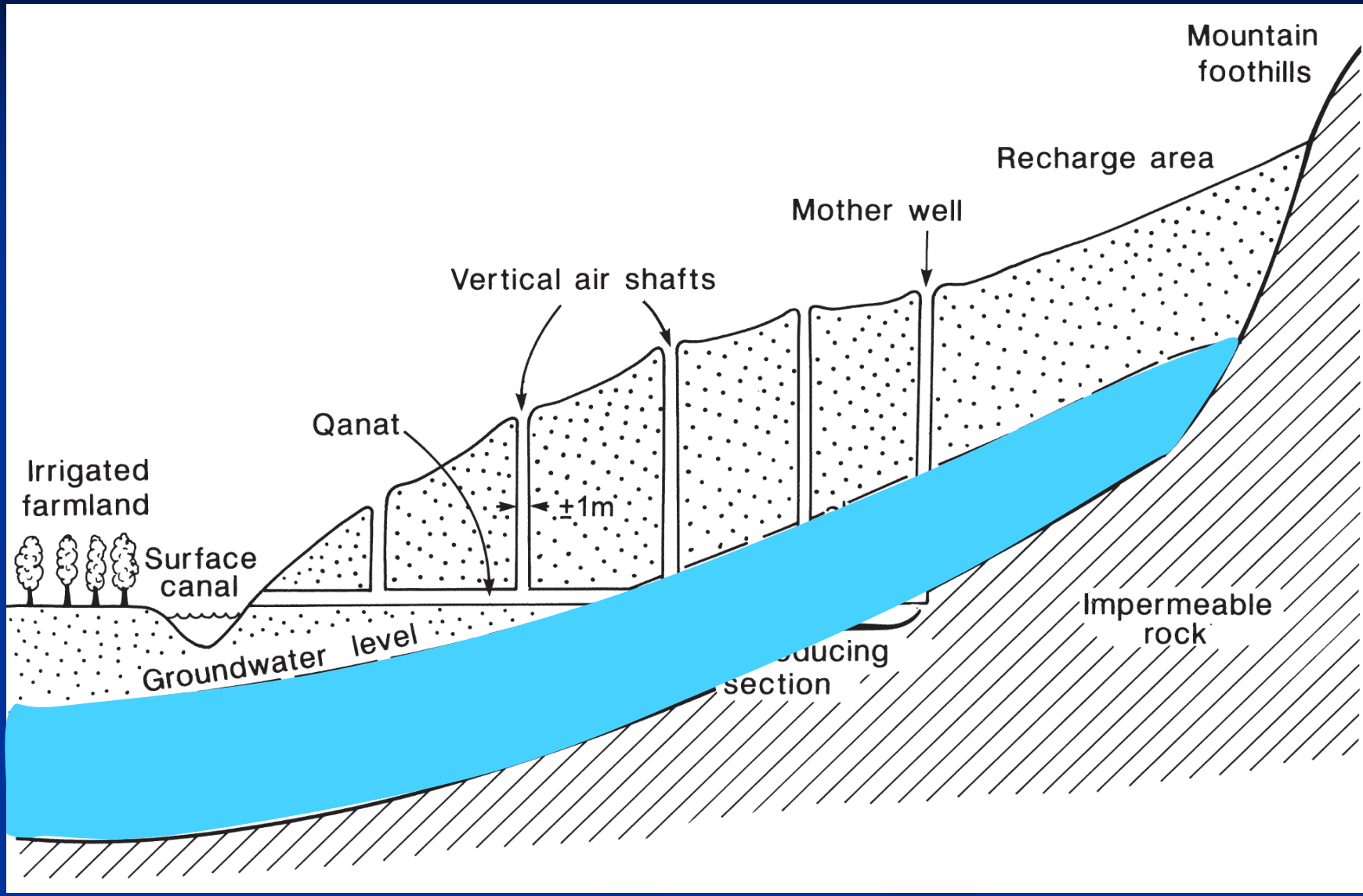
g: شتاب گرانی

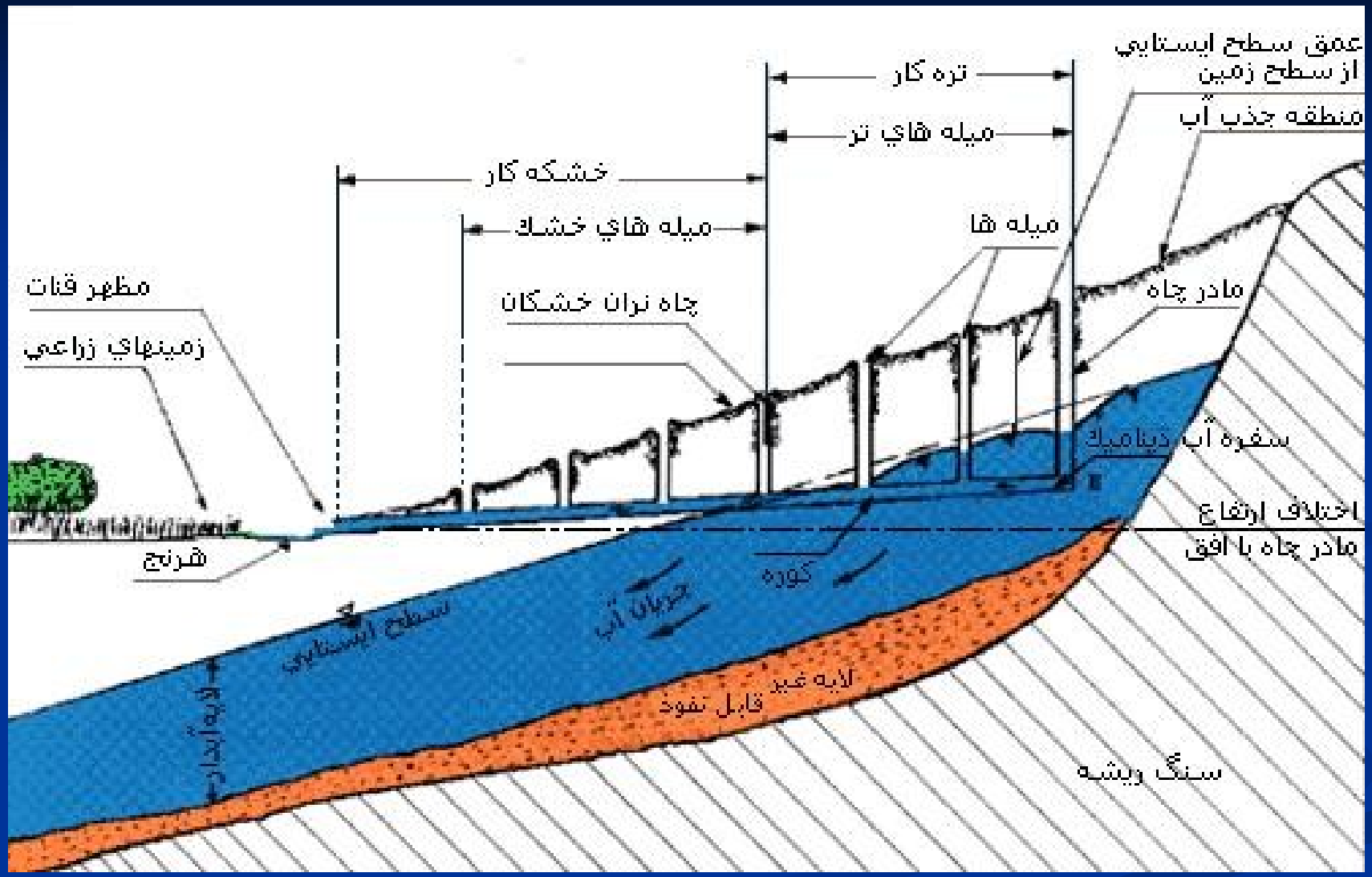
h : افت فشار

K: ضریبی است که به اریفیس بستگی دارد.

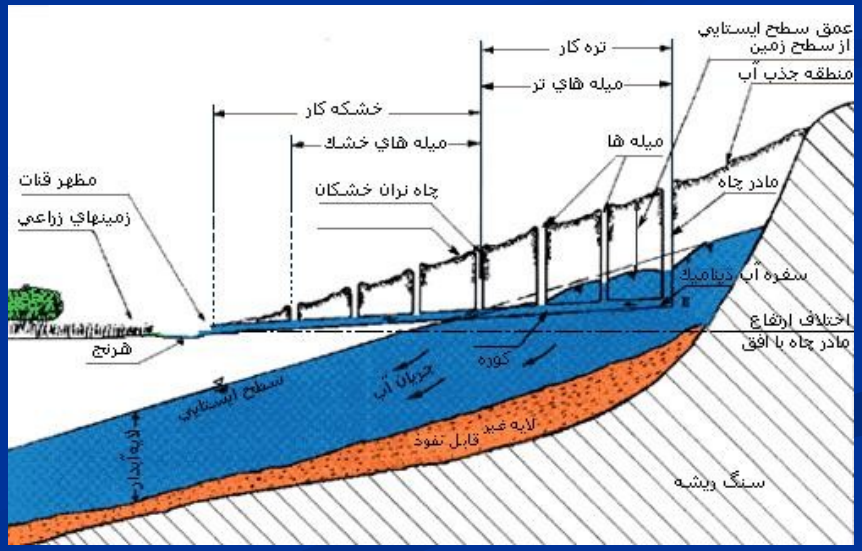
قنات

عبارت است از یک مجرای زیرزمینی با شیب کم، همراه با تعدادی چاه قائم به نام میله، که در زیر زمین حفر می شود تا آب زیر زمین خود به خود بدون نیاز به تلمبه یا وسایل مصنوعی دیگر در سطح زمین جریان پیدا کند.


Mountain
foothills
Recharge area
Mother well
Vertical air shafts
Qanat
±1m
Irrigated
farmland
Surface
canal
Groundwater level
Impermeable
rock
section


عمق سطح ايستابي
از سطح زمين
تره كار
منطقه جذب آب
ميله هاي تر
خشكه كار
ميله ها
ميله هاي خشك
مادر چاه
مظهر قنات
چاه نران خشكان
زمينهاي زراعي
سفره آب ديناميك
اختلاف ارتفاع
مادر چاه با افق
هرنج
كوره
جريان آب
سطح ايستابي
لايه غير
قابل نفوذ
سنگ ريشه

نقطه خروج آب قنات (دهانه قنات) نامیده می شود. قسمت انتهایی قنات پیشکار نـام دارد که توسط مادر چاه به بیرون راه دارد. طول مسیر زهکش قنات به دو قسمت خشکه کـار و تره کار تقسیم می شود. قسمت تره کار محیط اشباع از آب بوده و در درون آبخوان قرار دارد.



عوامل تخریب قنات و کاهنده دبی

۱- افت سطح ایستابی بعلت بهره برداری بی رویه چاه های عمیق اطراف قنات

۲- ریزش بدنه قنات در کوره و میله ها و مادر چاه

۳- گرفتگی یا پرشدگی قنات توسط سیلاب

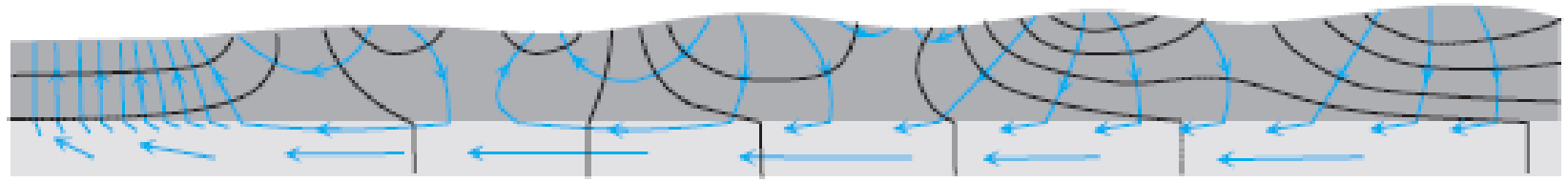
۴- گرفتگی مجرای قنات در اثر رسوبات معلق در آب

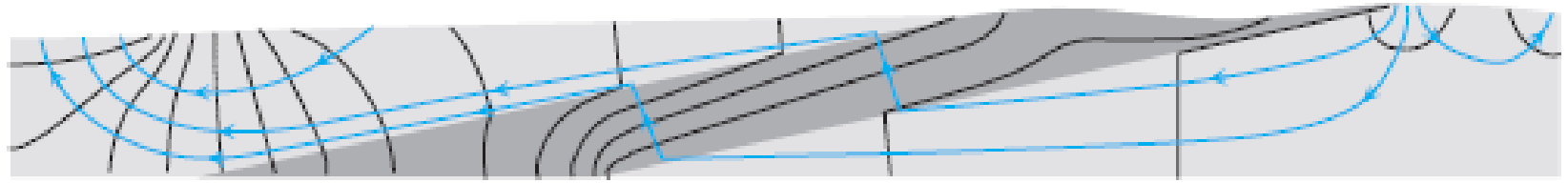
۵- زیان های ناشی از زلزله و جابجایی گسل ها

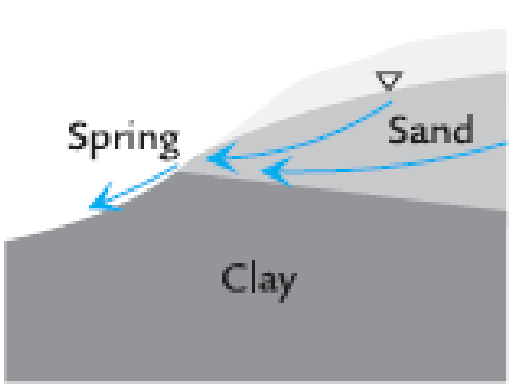
چشمه

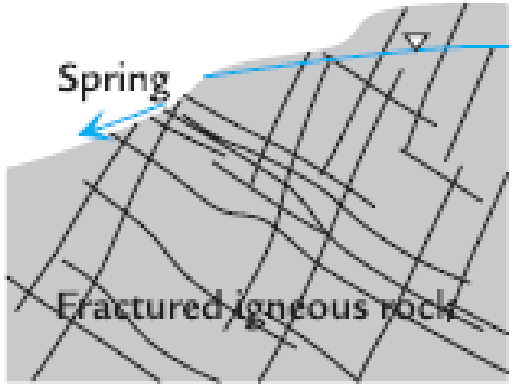
☜ عبارت است از تخلیه متمرکز آب زیر زمینی که به صورت جریانی از آب درسطح زمین ظاهر می شود.

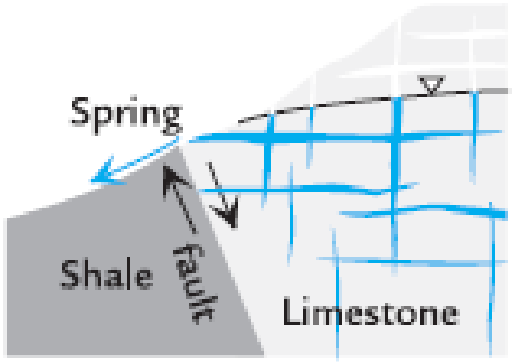
A spring is a place where groundwater discharges up to the ground surface . At a spring , the water table intersects the ground surface. Springs commonly occur near the base of a steep slope. Many are located where fractures or the base of an aquifer intersects the slope.

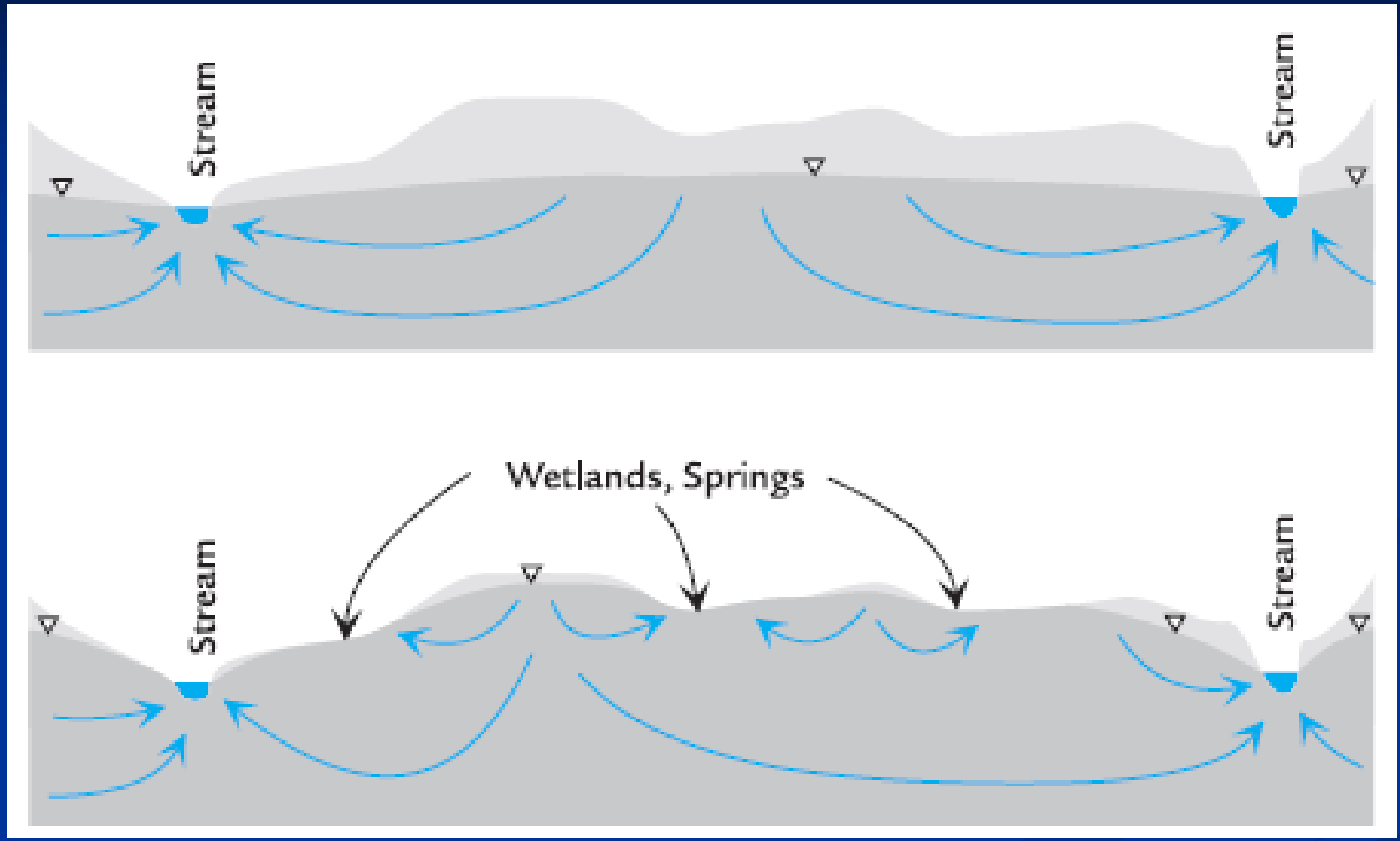


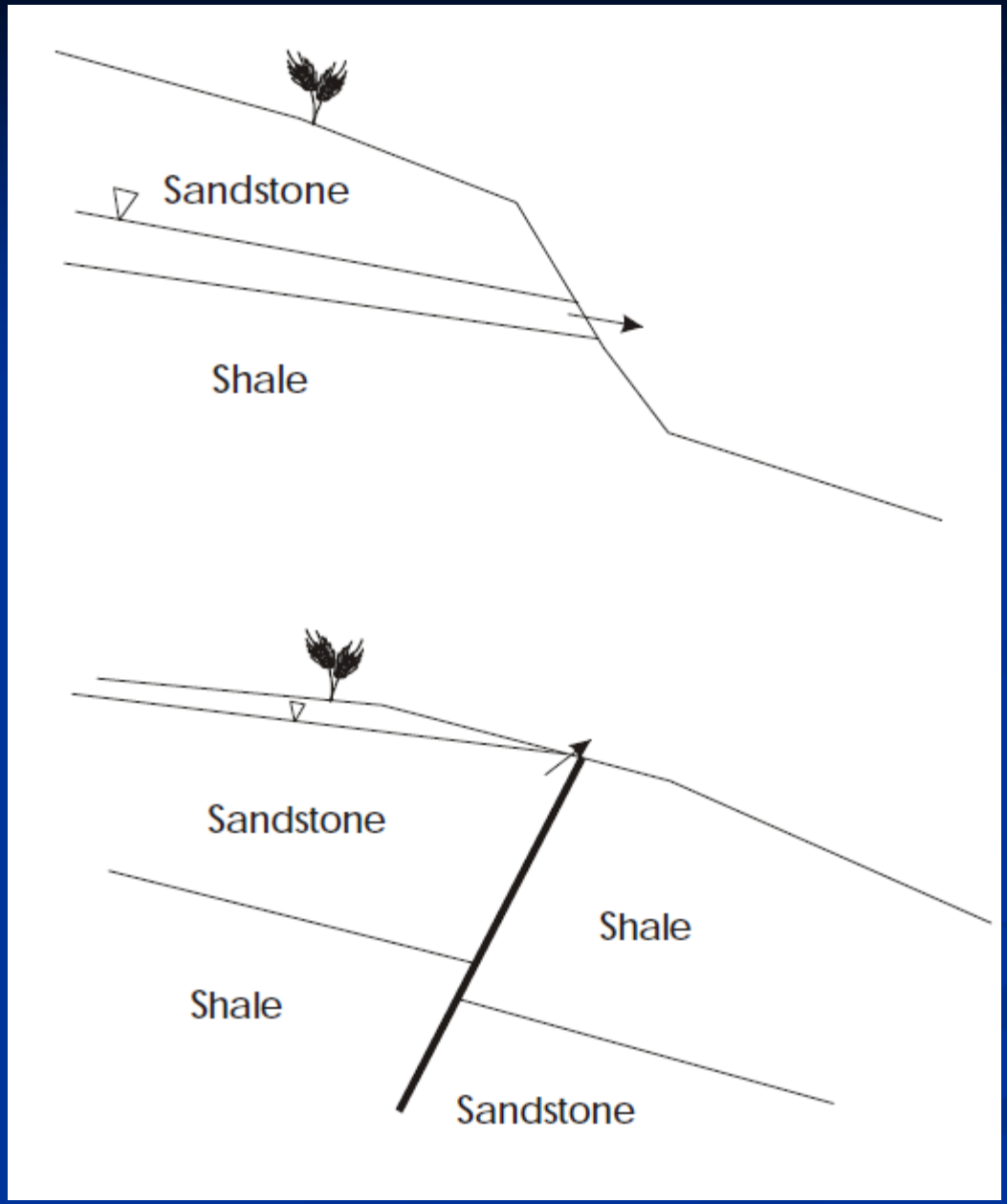


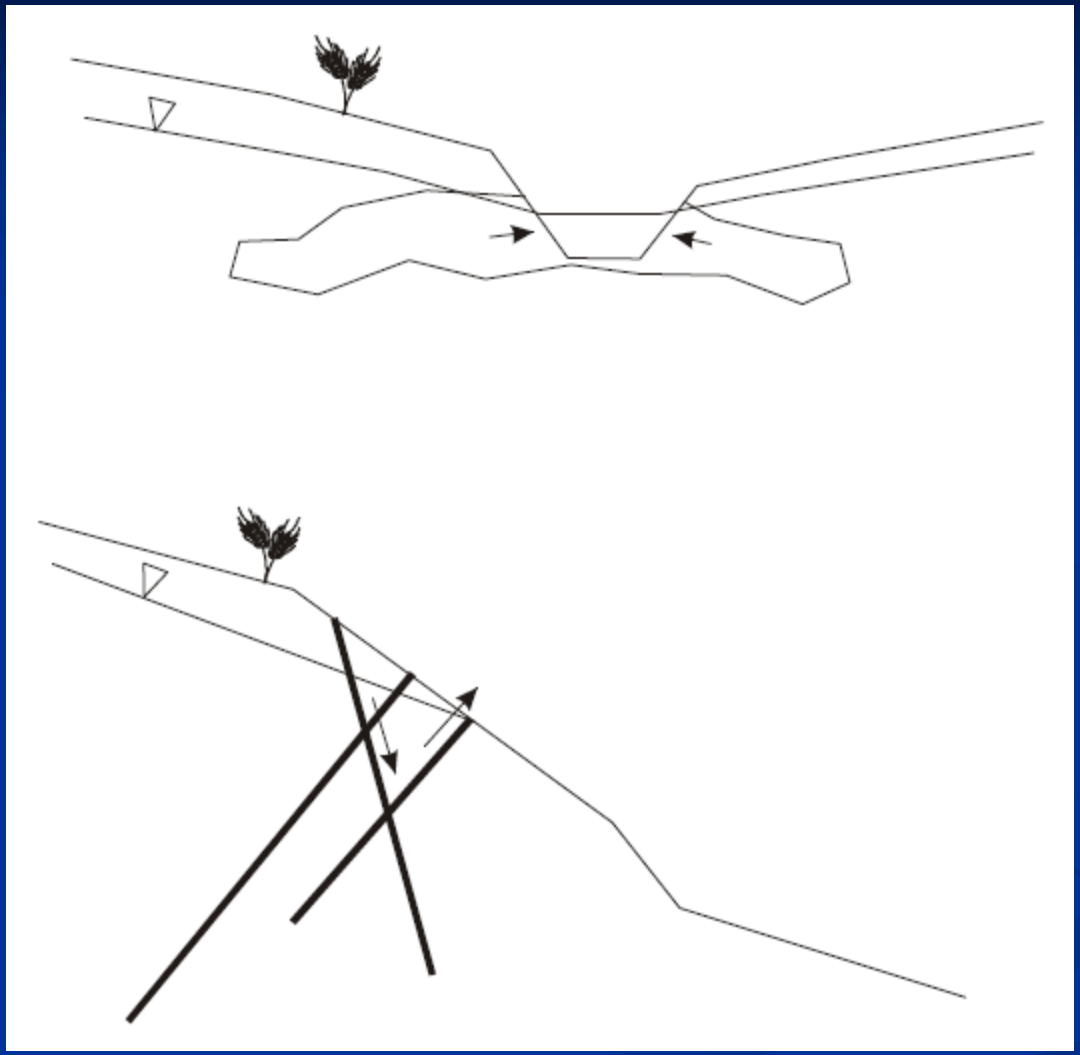

Spring
Sand
Clay


Spring
Fractured igneous rock


Spring
Shale
Fault
Limestone


Stream
Stream
Wetlands, Springs
Stream
Stream


Sandstone
Shale
Sandstone
Shale
Shale
Sandstone



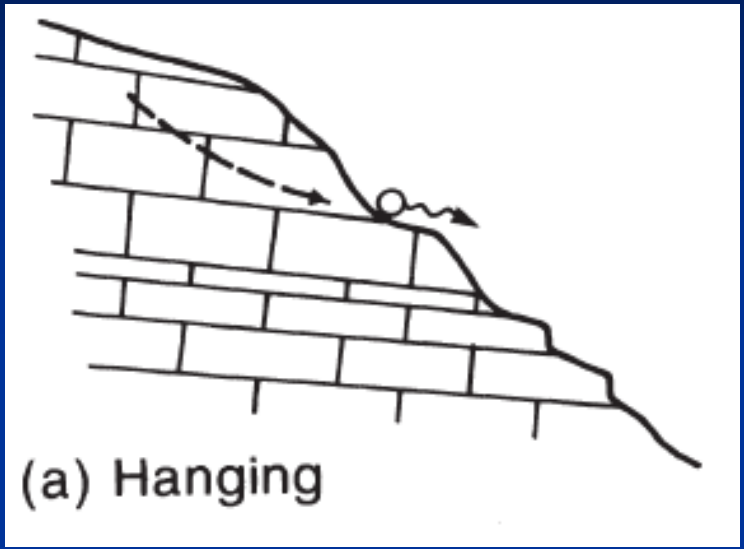
تقسیم بندی چشمه ها

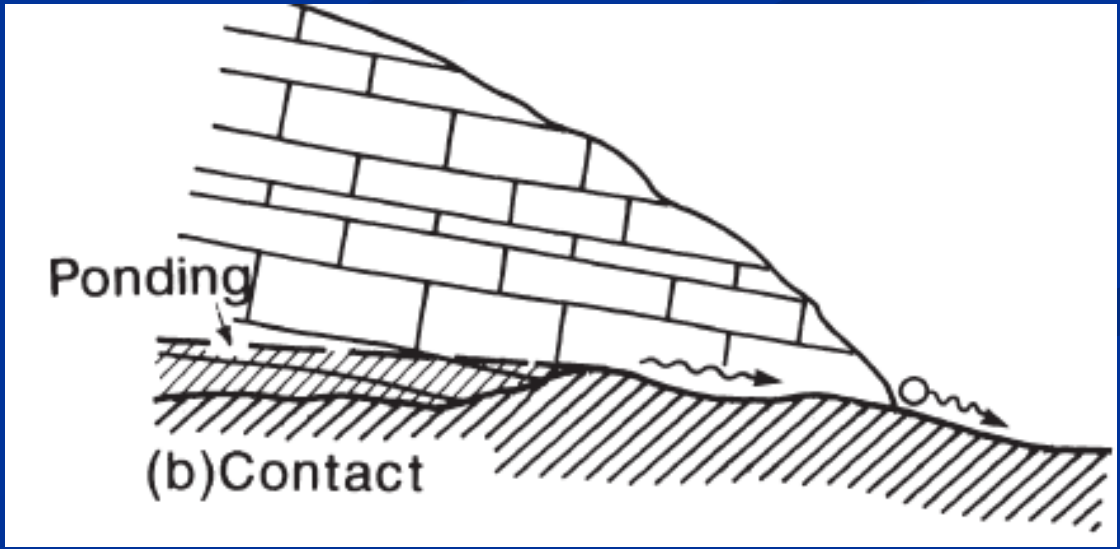
نحوه پیدایش	رفتار هیدرولوژیکی	مواد معدنی	دمای آب
چشمه کنتاکتی لایه ای	چشمه دائمی	چشمه معدنی	چشمه سرد
چشمه گسلی	چشمه فصلی	چشمه گاز دار	چشمه معمولی
چشمه سرریزی یا لبریزی	چشمه تناوبی	چشمه درمانی	چشمه گرم
چشمه جهشی یا آرتزین		چشمه آب گرم	چشمه داغ
چشمه کارستی			
چشمه بستری و زیر دریایی			

تقسیم بندی هیدروژئولوژیکی چشمه ها

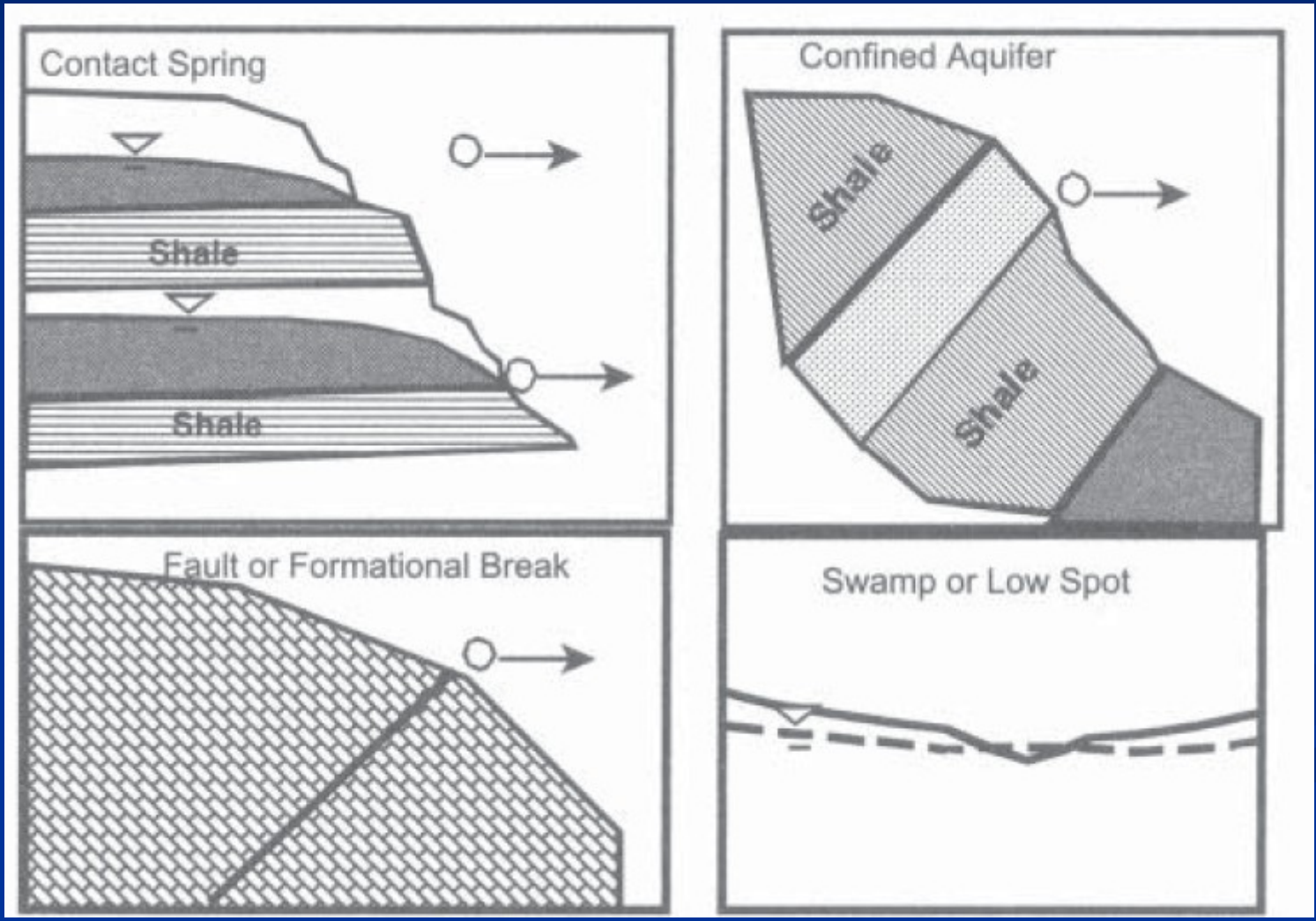
3. Confined	2. Dammed	1.Free Draining
1. Artesian 2. Fault Guided	1. Impound 2. Aggraded 3. Costal	1. Hanging 2. Contact

1.Free Draining

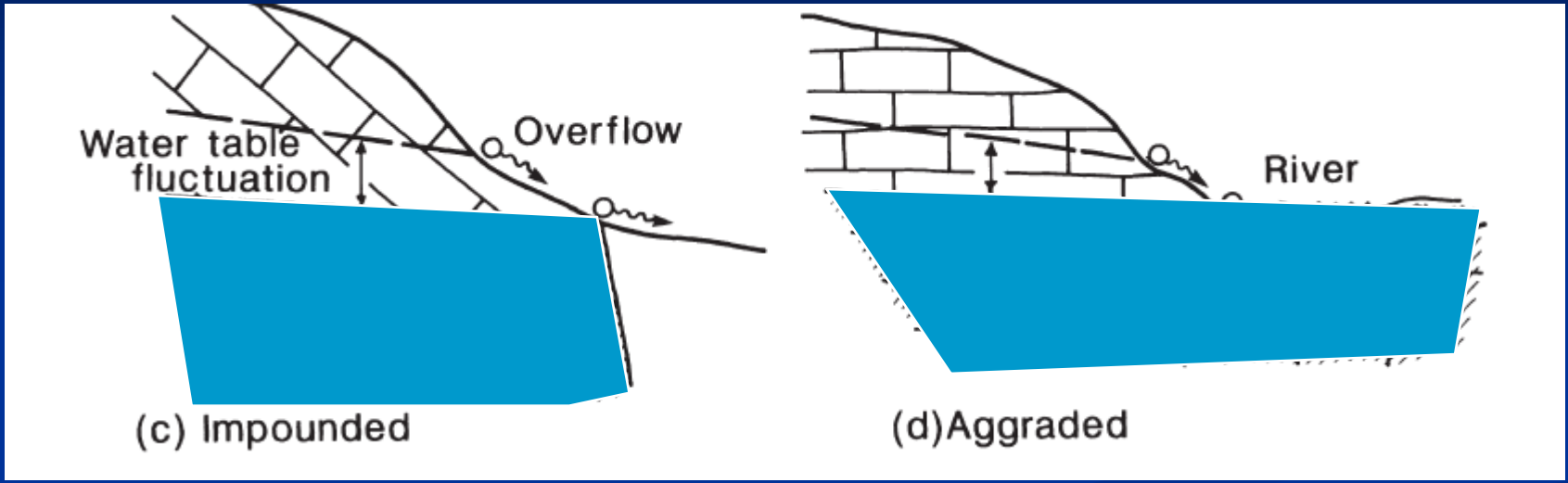


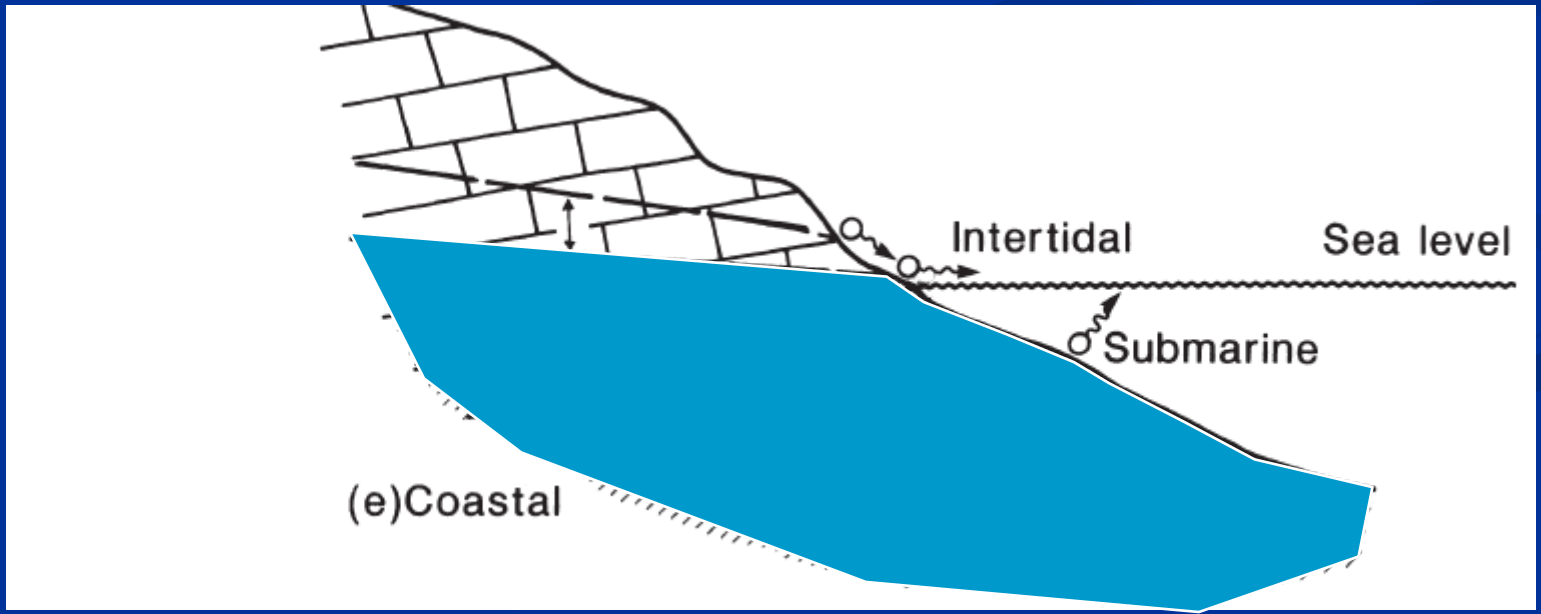


Contact

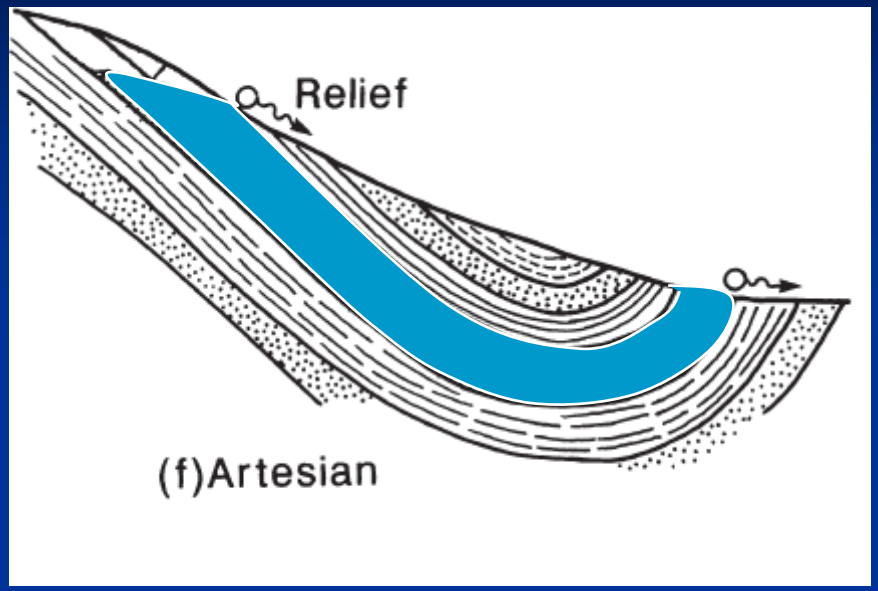

Contact Spring
Shale
Shale
Confined Aquifer
Shale
Shale
Fault or Formational Break
Swamp or Low Spot

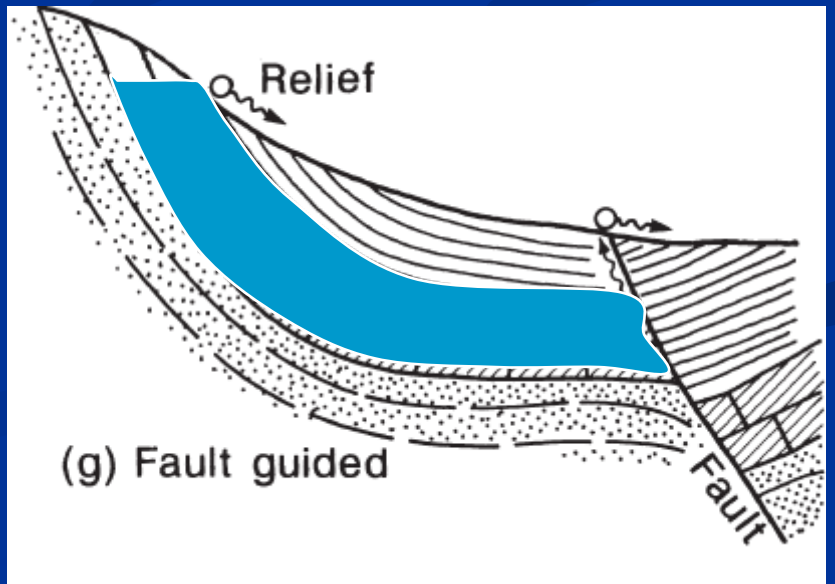
2. Dammed


Water table
fluctuation
Overflow
(c) Impounded
River
(d)Aggraded

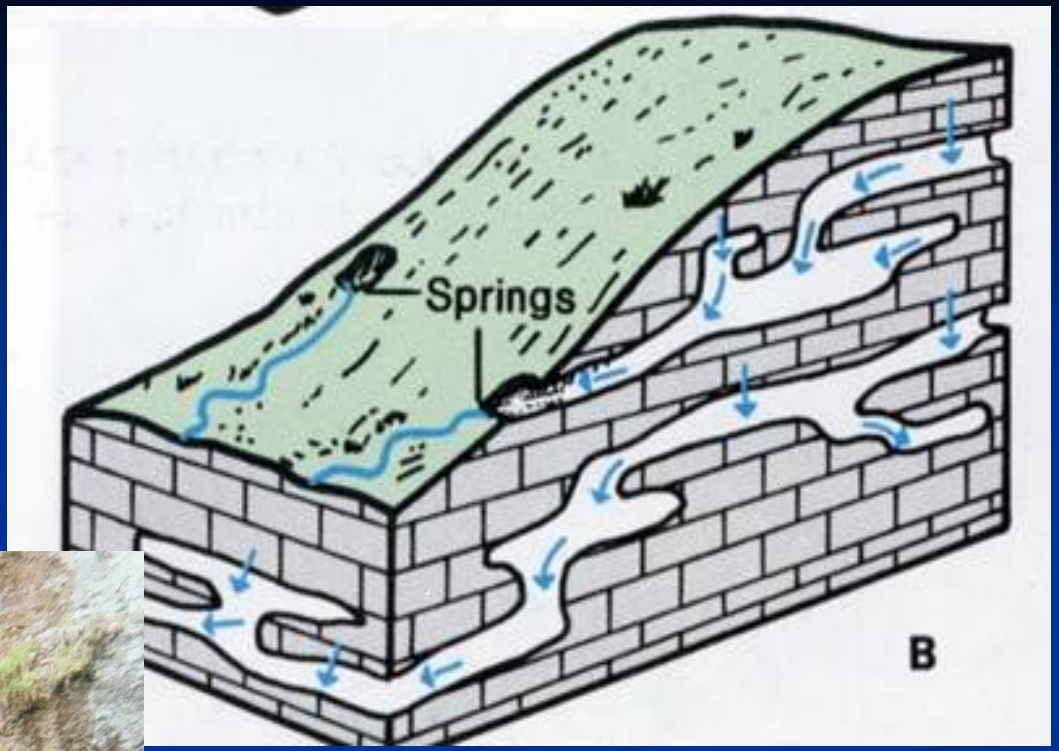

Intertidal
Sea level
Submarine
(e)Coastal

3. Confined



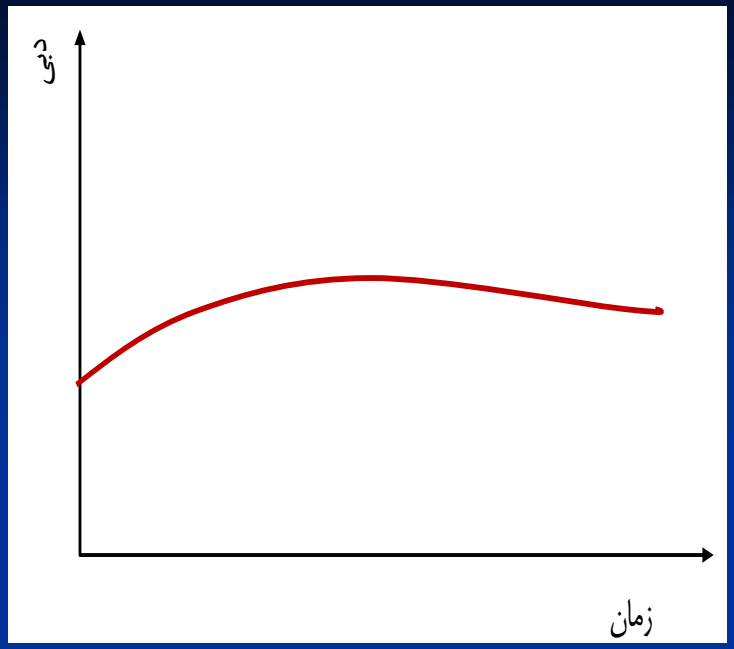


کارستی



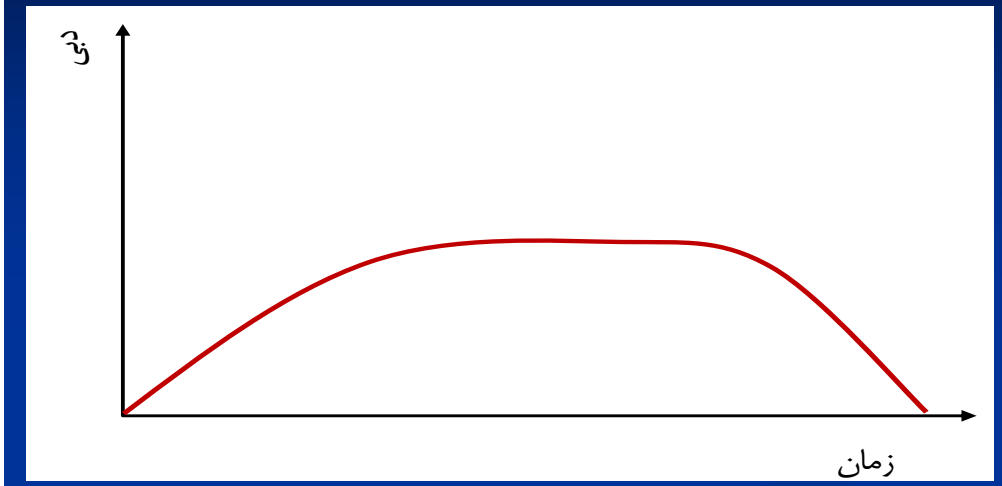
تقسیم بندی چشمه ها بر اساس تغییرات دبی

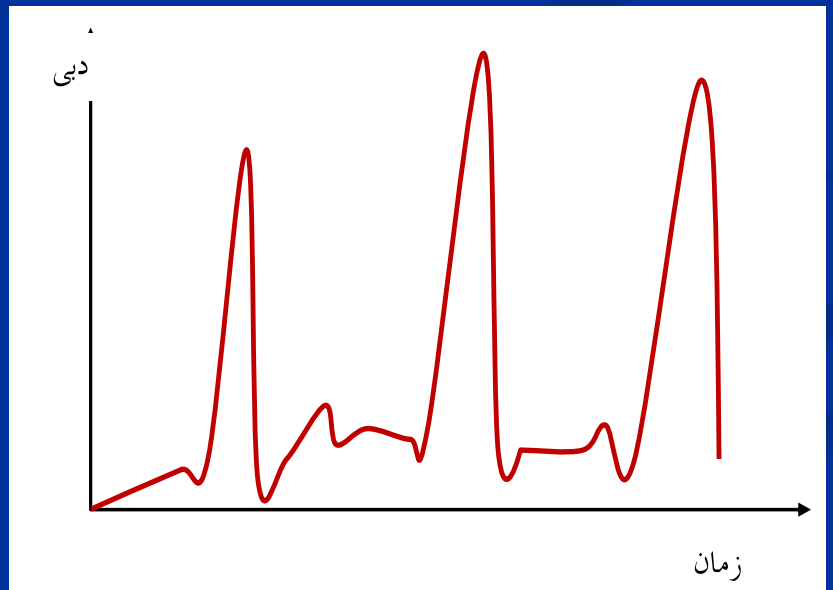
۱. چشمه های دائمی
۲. چشمه های تقریباً متغییر(فصلی)
۳. چشمه های متناوب



دائمی

فصلی





تناوبی

چشمه های آب معدنی : مقدار املاح آن حداقل یک گرم در لیتر باشد.

تعریف آب معدنی:

بطور خلاصه، آب معدنی آبی است که نسبت به آب معمولی از نظر نوع و میزان مواد معدنی و گـاز و همچنـین درجه حرارت تفاوت داشته باشد.

اما طبق تعریف استاندارد ایران؛ آب معدنی، آبی است که با آب آشامیدنی به دلایل زیر قابل تشخیص است

الف- بوسیله محتوای املاح معدنی خاص، عناصر کمیاب و دیگر ترکیبات مشخص می گردد

ب- از منابع طبیعی مانند چشمه و نقاط حفـاری شـده از سـفره هـای آب زیـر زمینـی بدسـت مـی آیـد و کلیـه اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از هرگونه آلودگی یا تأثیرات خارجی روی کیفیت آن باید انجام گیرد

ج ترکیبات آن در فصول مختلف سال از ثبات نسبی برخوردار است

د تحت شرایطی که ویژگی های آن تغییر نکند، جمع آوری می شود

ه در نزدیکترین محل ممکن به سرچشمه آب، تحت شرایط بهداشتی خاص بسته بندی می شود

و هیچگونه فرآیند پالایش که منجر به تغییر در ترکیب مجاز آن باشد، بکار نمی رود

ترکیب آب معدنی:

ترکیب آب معدنی تابع ترکیب مواد پیرامون آن است. به سه بخش املاح، مواد معلق و گاز تقسیم می شوند. آب معدنی عموماً حاوی یون های نمک مثل سدیم، منیزیم، کلسیم و پتاسیم، مواد جامد معلق، گاز کربنیک و گوگردی ، مواد کمیاب و نادر ، فلزات سنگین و مواد رادیواکتیو و حتی مواد آلی می باشد.

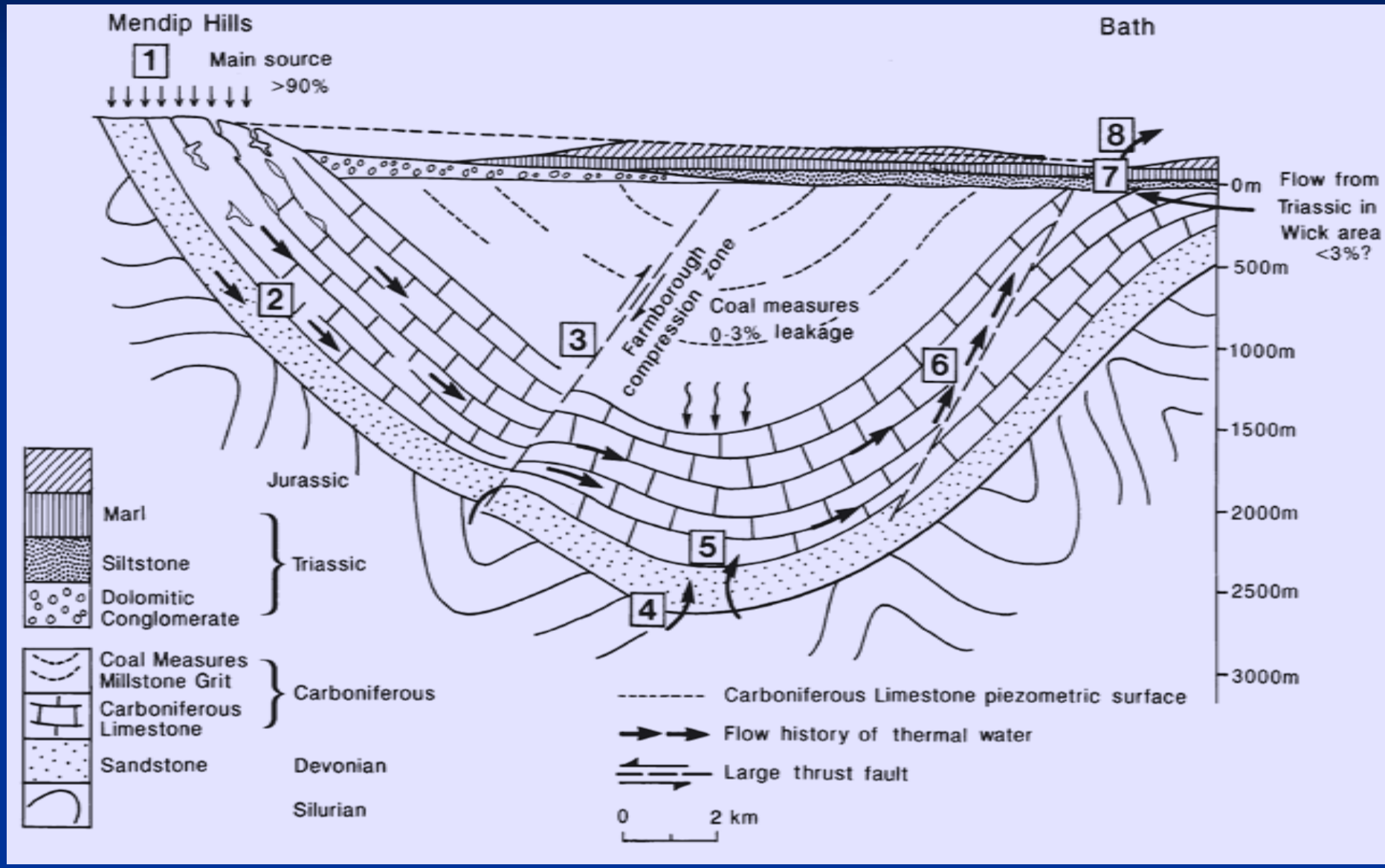
طبقه بندی آب معدنی

نوع و مقدار گاز	ترکیب شیمیایی	منشاء زمین شناسی	دمای آّب	مصرف
گاز دار بدون گاز گازدارشده	قلیایی اسیدی نمکی فلودار آهندار تلخ، شور، شیرین	سطحی ژئوترمال عمقی شیرابه معدنی	خیلی گرم بالای ۴۵ گرم ۳۵-۴۵ نیمه گرم ۲۸- ۳۵ معتدل ۲۳- ۲۸ سرد	طبی شرب گردشگری

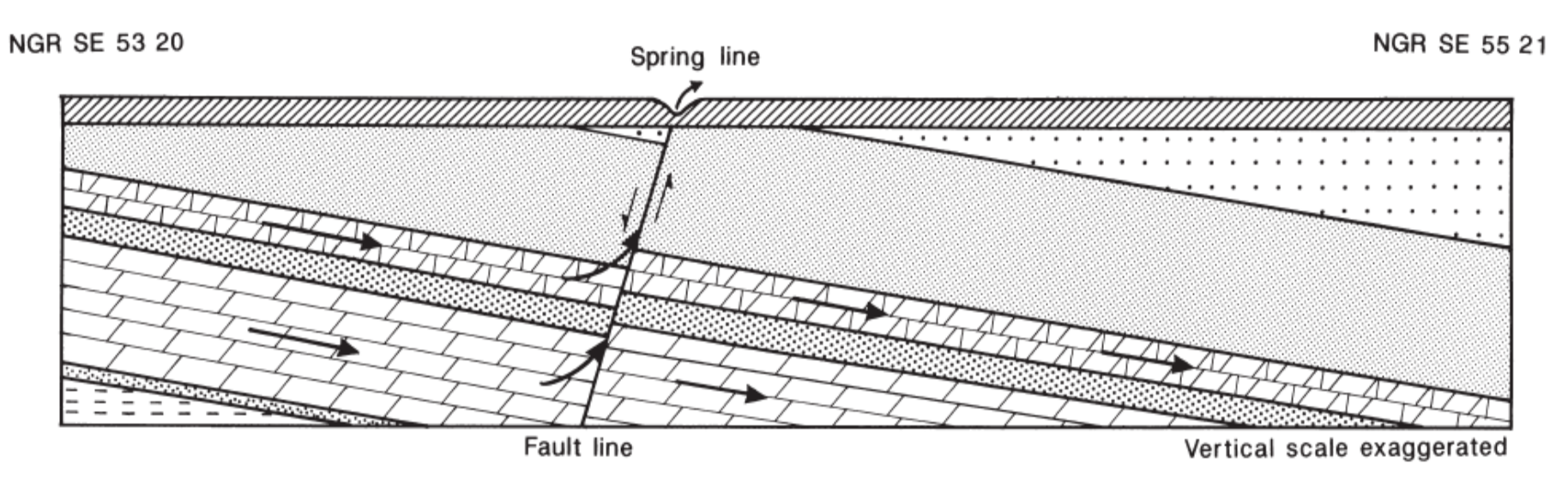
نحوه تشکیل آب معدنی:

- چشمه هایی که با مواد قابل حل و انتقال زمین در ارتباط هستند.
- آبهای زیرزمینی حاوی مقادیر مجاز ترکیب آب معدنی اند.
- ارتباط آبهای سطحی و آب زیرزمینی با مناطق گرم زمین و انرژی زمین گرمایی(ژئوترمال)

Geological structures of the springs creating



Geological structures of the springs creating



Geological structures of the springs creating

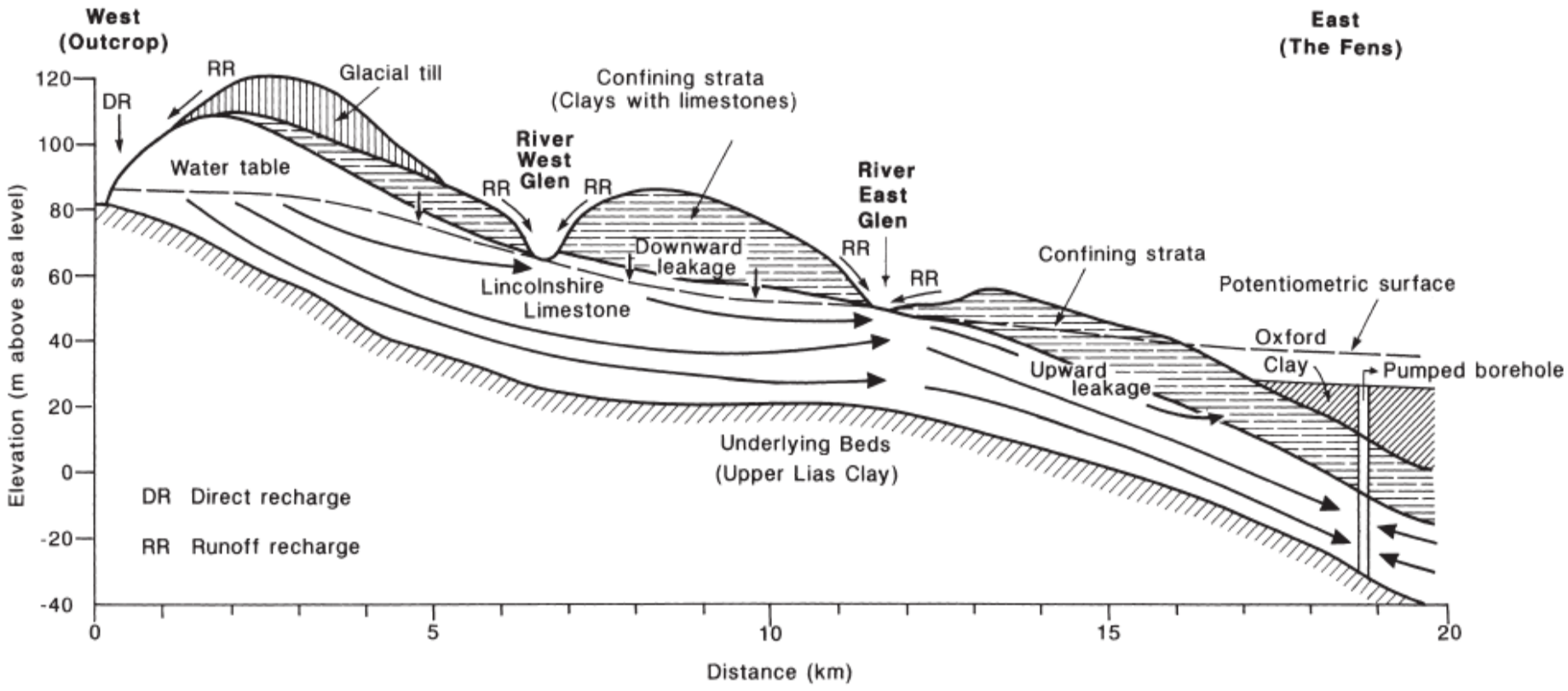
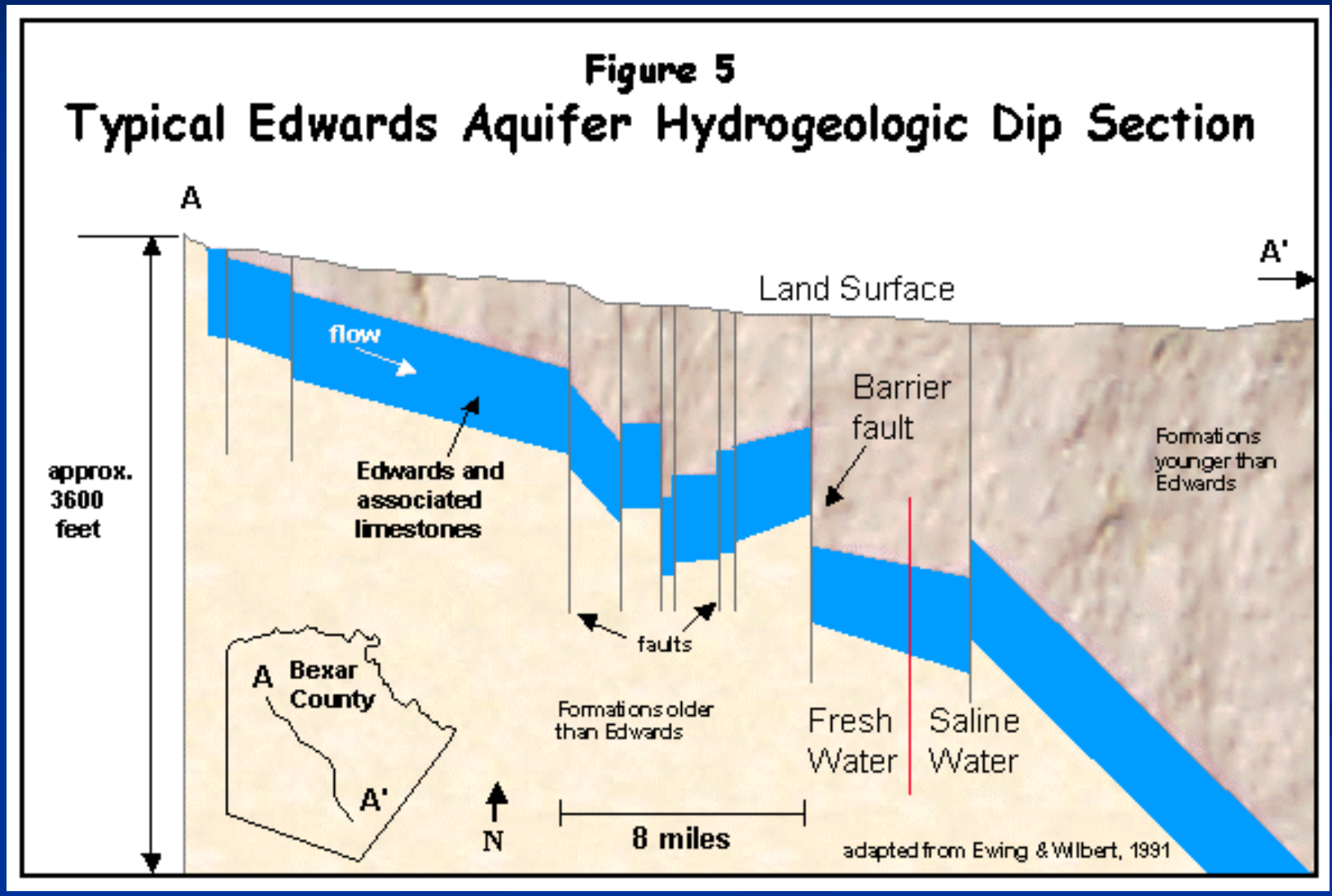


Fig. 1 Schematic cross-section of the Lincolnshire Limestone aquifer in eastern England showing mechanisms of groundwater recharge and directions of local and regional groundwater flow. After Rushton and Tomlinson (1999).

Geological structures of the springs creating



با تشکر

تعریف

تغذیه مصنوعی را می توان عملیات طراحی شده انسان برای انتقال آب از سطح زمین به داخل لایه آبدار، تعریف کرد.

هداف از اجرای تغذیه مصنوعی و احداث سدهای زیر زمینی عبارتنداز:

۱– کنترل و مهار سیلاب ها و ذخیره مقدار مازاد آن

۲– به تعادل رساندن وضعیت آبخوانها در دشتهای با بیلان منفی

۳– مقابله با پدیده هجوم آبهای شور

۴– حذف آلودگی های میکروبی و باکتریولوژیک در اثر حرکت در محیطهای متخلخل

۵– جلوگیری از پدیده نشست زمین

۶– استفاده از پتانسیل مخزن زیرزمینی جهت ذخیره آب مازاد در فصل غیر زراعی

۷– افزایش حجم ذخایر آب زیرزمینی به علت افزایش مصرف با رشد جمعیت

فاکتورهای موثر بر انتخاب روش های تغذیه

۱. ویژگیهای هیدروژئولوژیک

۲. توپوگرافی وجریان رودخانه

۳. ویژگیهای منبع آب

۴. جنبه های قانونی

۵. قابلیت دسترسی به اراضی و نوع کاربری آنها

۶. پذیرش اجتماعی

۱- ویژگیهای هیدروژئولوژیک

۱. بافت

۲. نفوذ پذیری ←

۳. وجود رس یا لایه نیمه تراوا

۴. عمق پروفیل خاک

۵. وجود مواد آلی

۶. خصوصیات تراکم پذیری

تغذیه مصنوعی امام زاده عبدا... سمنان بر روی یک مخروط افکنه

۲- توپوگرافی وجریان رودخانه

برجستگی‌های توپوگرافی تاثیر زیادی بر انتخاب روش تغذیه مصنوعی دارد. بهترین نتایج از زمین‌های با شیب ملایم فاقد شیار یا برآمدگی به دست می‌آید. در مقابل استخرها، کانالها و جویها معمولاً از ترازهای توپوگرافی پیروی می‌کنند و می‌توانند در نواحی با برجستگی بیشتر به کار گرفته شوند.

رودخانه‌های مئاندری با دشت‌های سیلابی کم ارتفاع و عریض برای روش‌های تغذیه سطحی با اصلاح بستر مناسب اند

۳- مشخصات آب تامین شده

مقدار، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و محل منبع آب استفاده شده برای تغذیه یک آبخوان مستقیماً بر کیفیت و کمیت آب تزریق شده تاثیر می‌گذارد و بنابراین اثر مهمی در انتخاب روش تغذیه دارد.

روش های تغذیه مصنوعی

روش های سطحی

۱. استخر تغذیه
۲. پخش سیلاب
۳. نهر یا جوی
۴. بندهای تاخیری
۵. روش آبیاری

روش های عمقی

۱. چاه تزریق
۲. گودال و حفره ها
۳. روش مجازی
۴. سدهای زیرزمینی
۵. قنات ها

روش های واداری

بنام تغذیه القایی معروف است

معادن متروکه

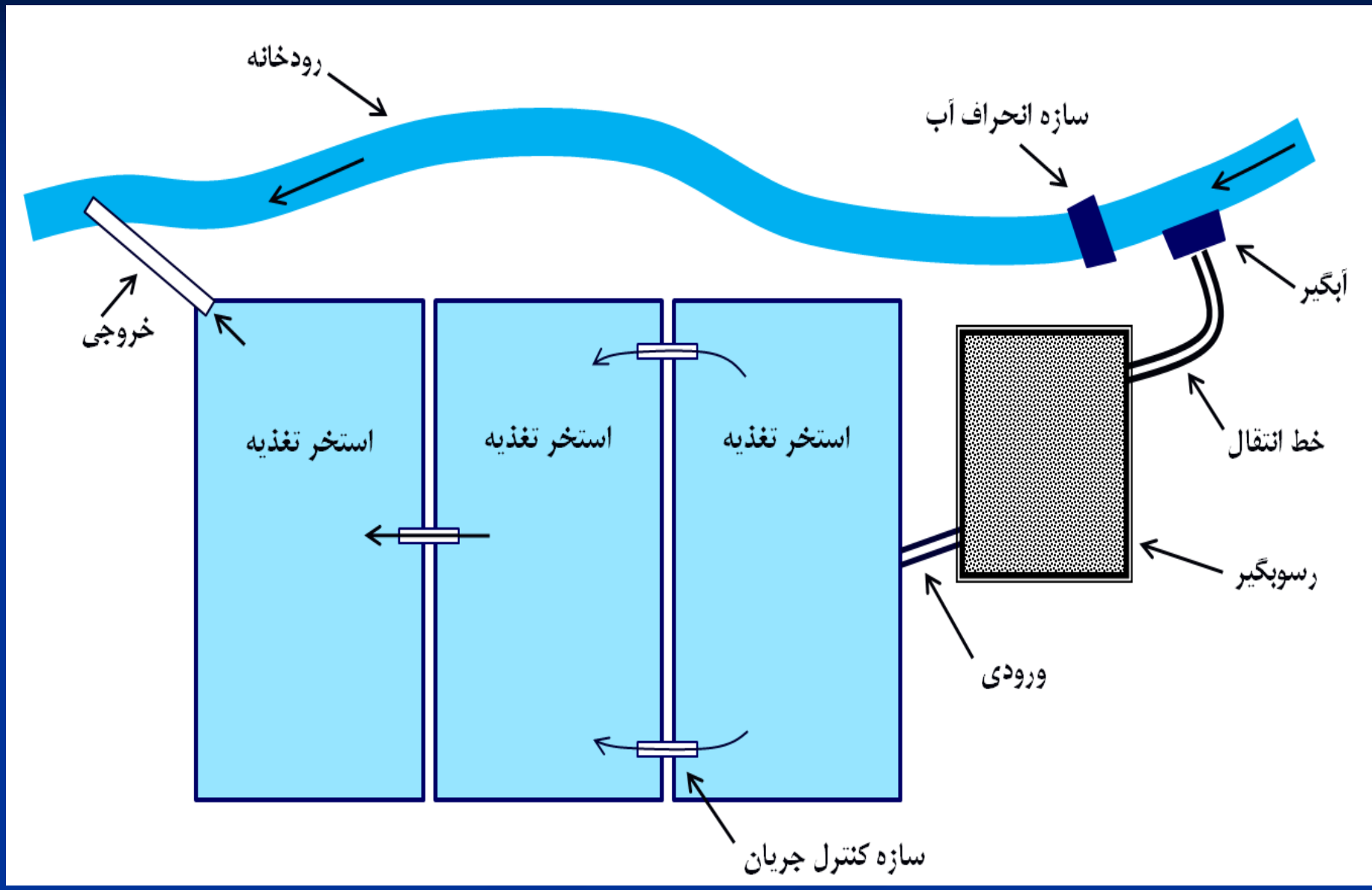
در معادن شن و ماسه حواشی رودخانه ها تغذیه انجام می شود

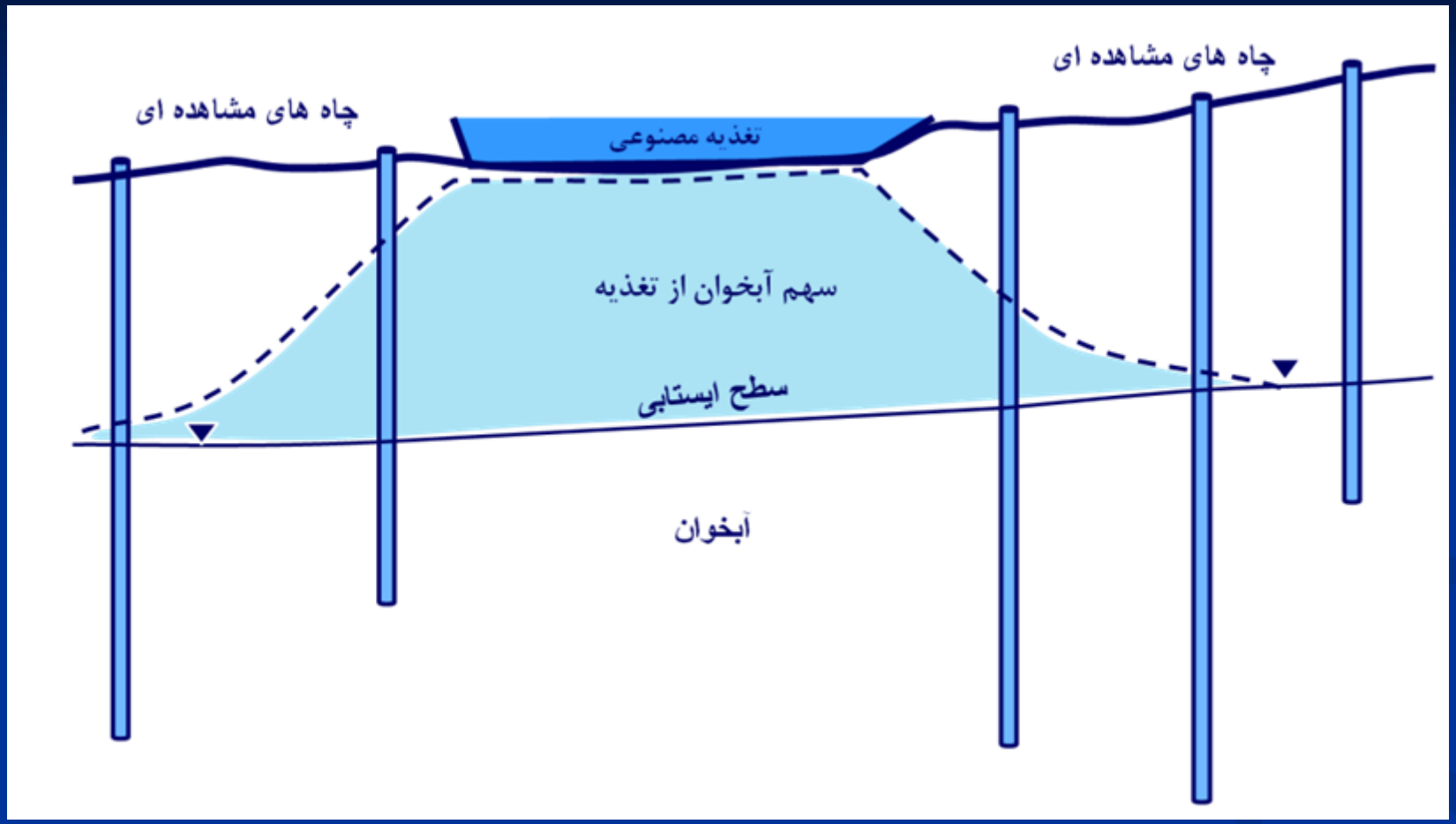
۹-۲-۱ حوضچه های تغذیه

۹-۲-۱ حوضچه های تغذیه

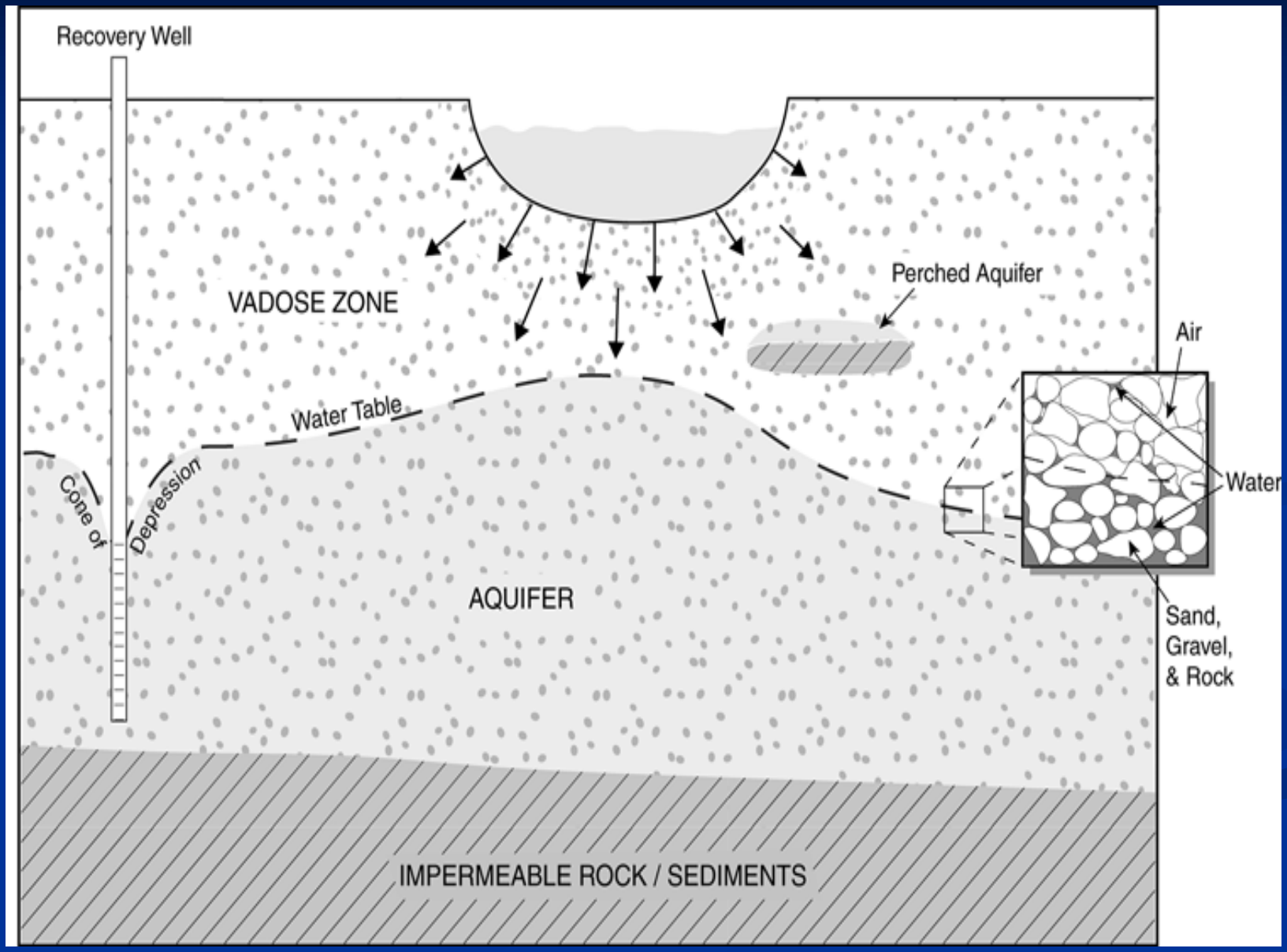
۹-۲-۱ حوضچه های تغذیه

۹-۲-۱ حوضچه های تغذیه


رودخانه
سازه انحراف آب
آبگیر
خروجی
استخر تغذیه
استخر تغذیه
استخر تغذیه
خط انتقال
رسوبگیر
ورودی
سازه کنترل جریان


چاه های مشاهده ای
چاه های مشاهده ای
تغذیه مصنوعی
سهم آبخوان از تغذیه
سطح ایستابی
آبخوان

۹-۲-۲ گودال تغذیه



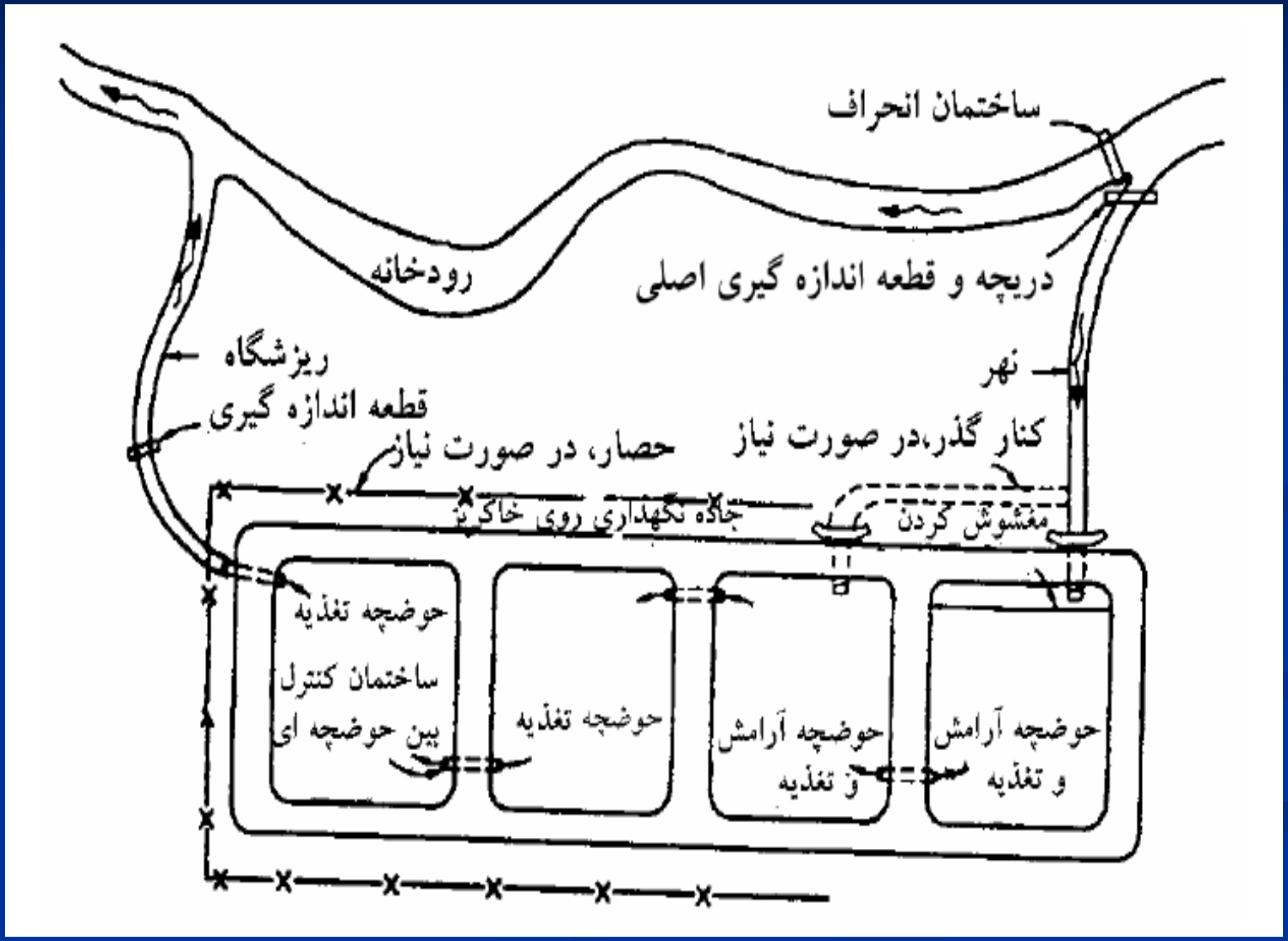
۹-۲-۲ گودال تغذیه

۹-۲-۲ گودال تغذیه

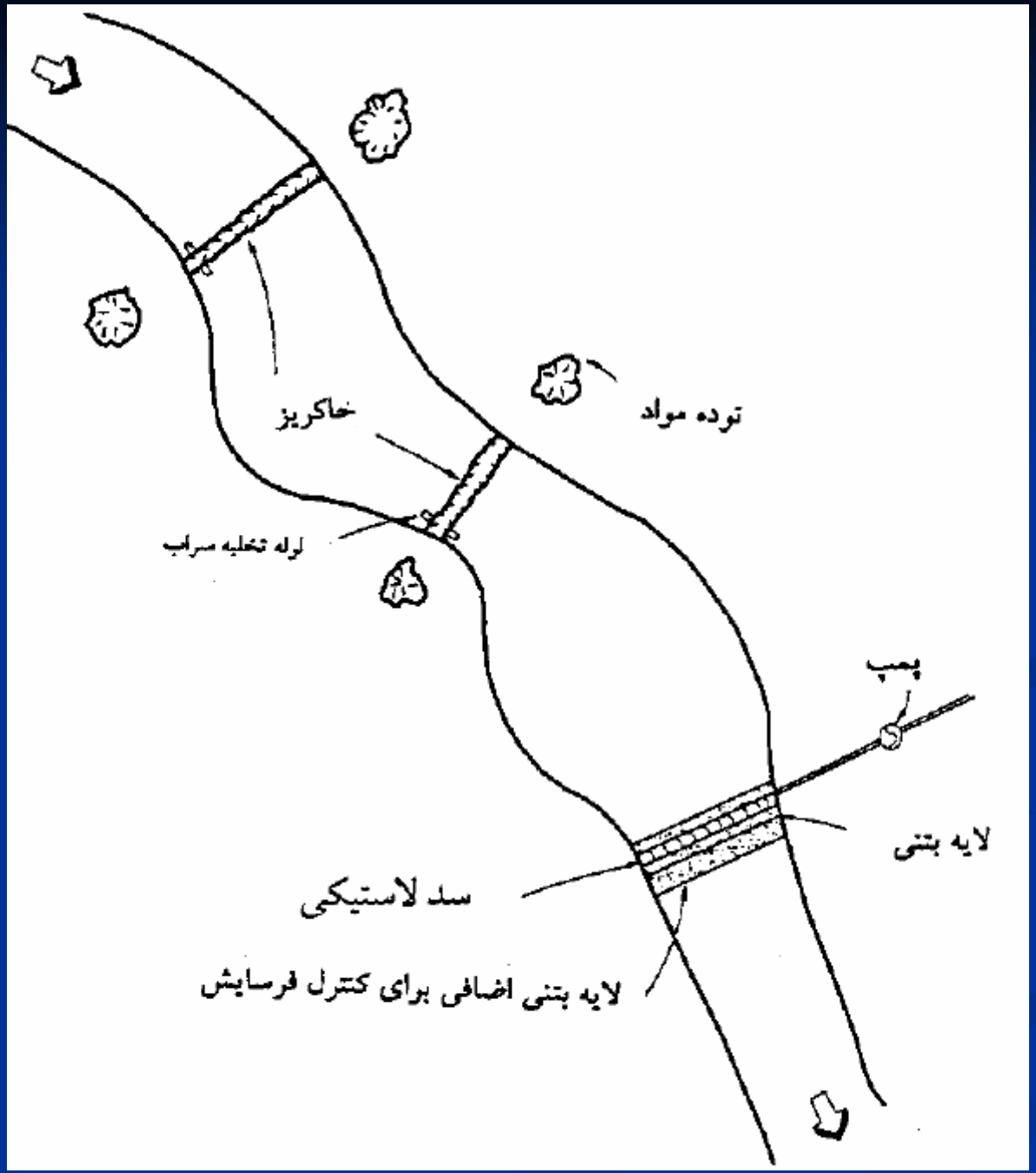
۹-۲-۲ گودال تغذیه

۹-۲-۳ پخش سیلاب

۹-۲-۳ پخش سیلاب

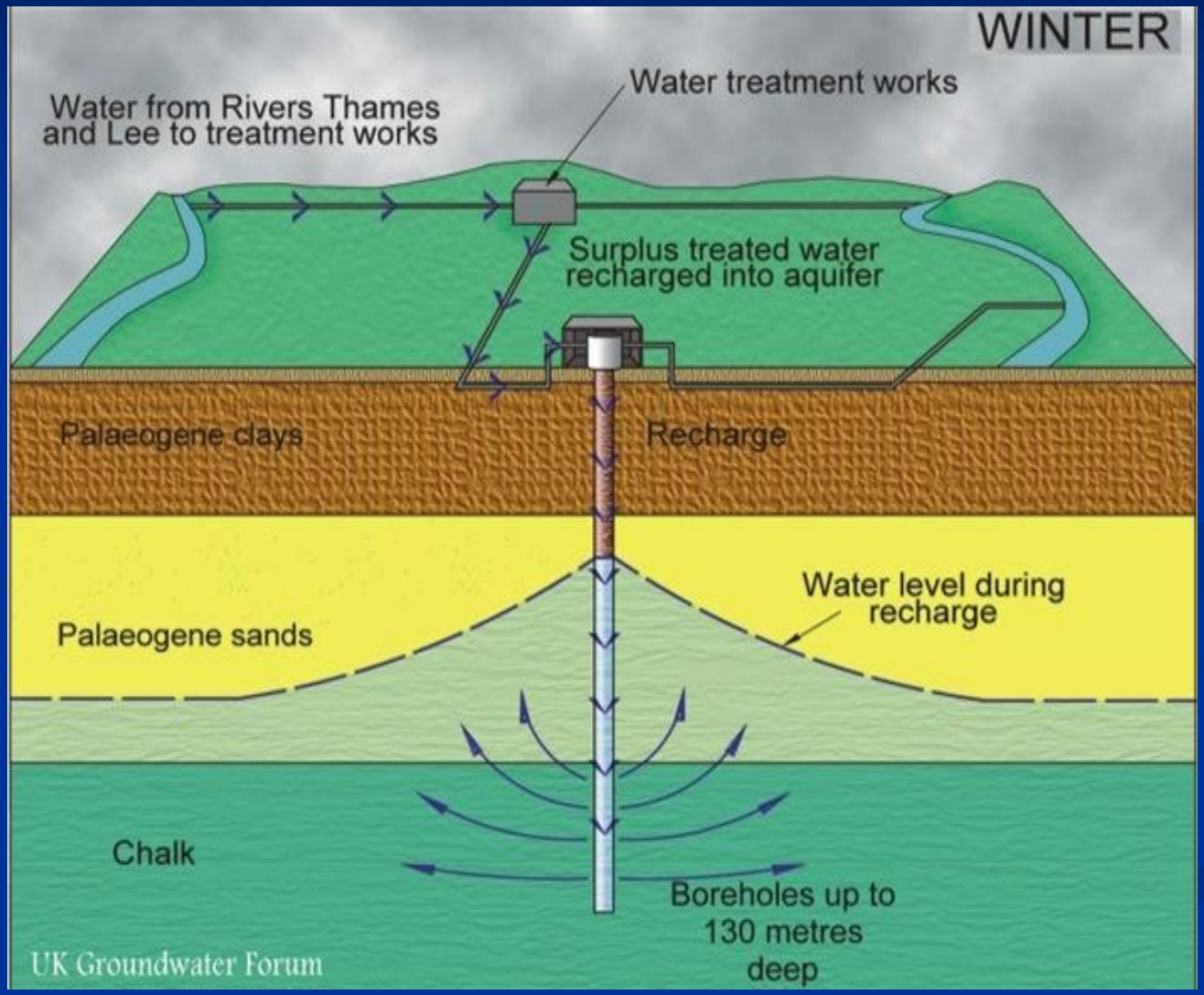


۹-۲-۴ تغذیه از بستر رودخانه

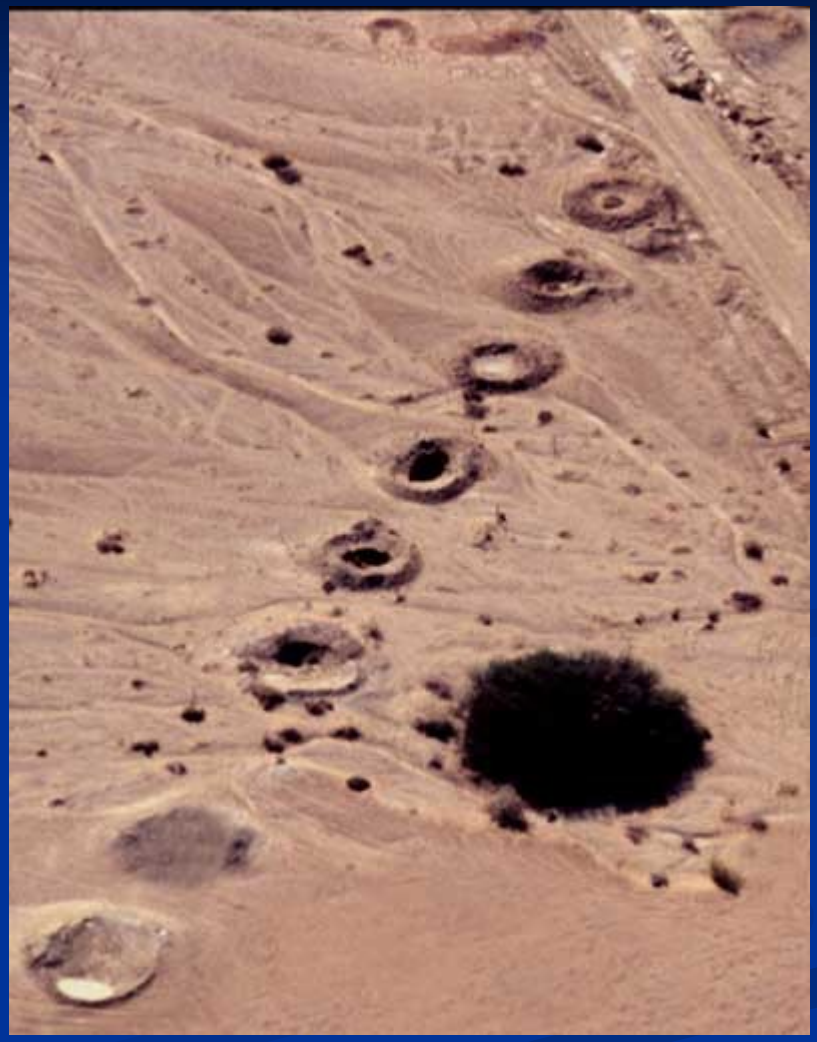


۹–۲–۵ نهر و شیار

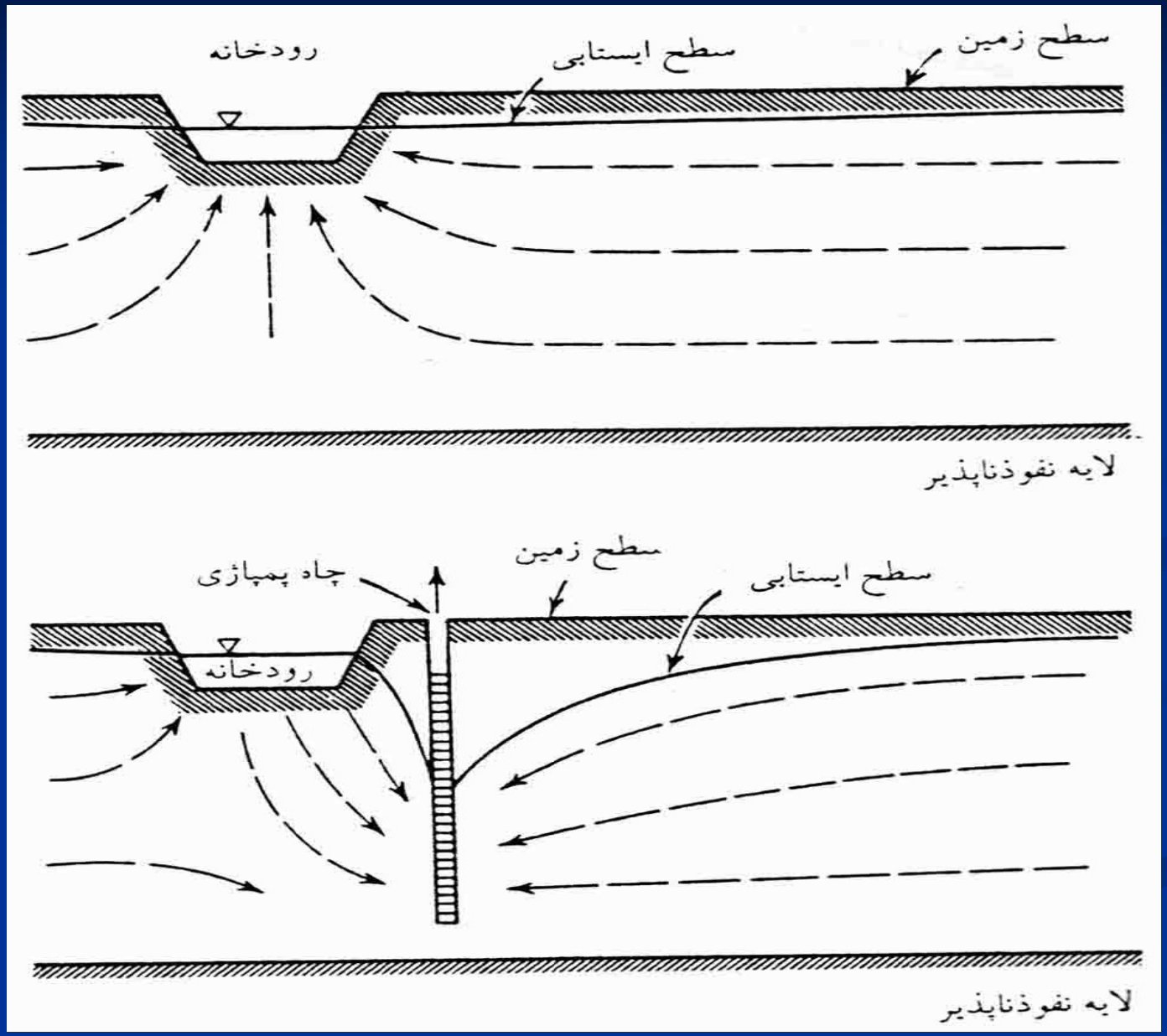
۹-۲-۶ چاههای تزریق

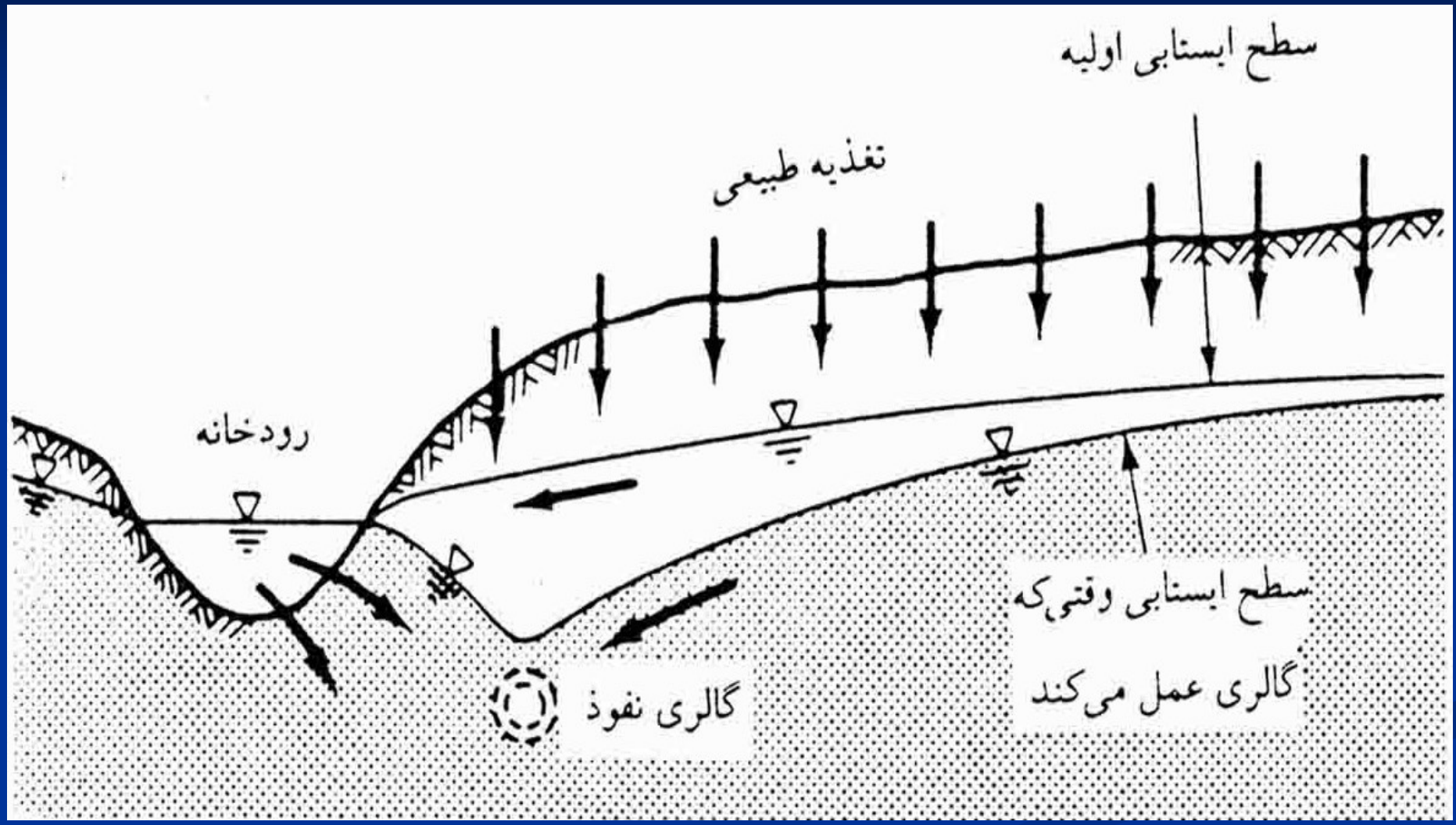


۹-۲-۷ تغذیه بوسیله قنات ها



۹-۲-۸ تغذیه واداری(*Recharge Inducement*)

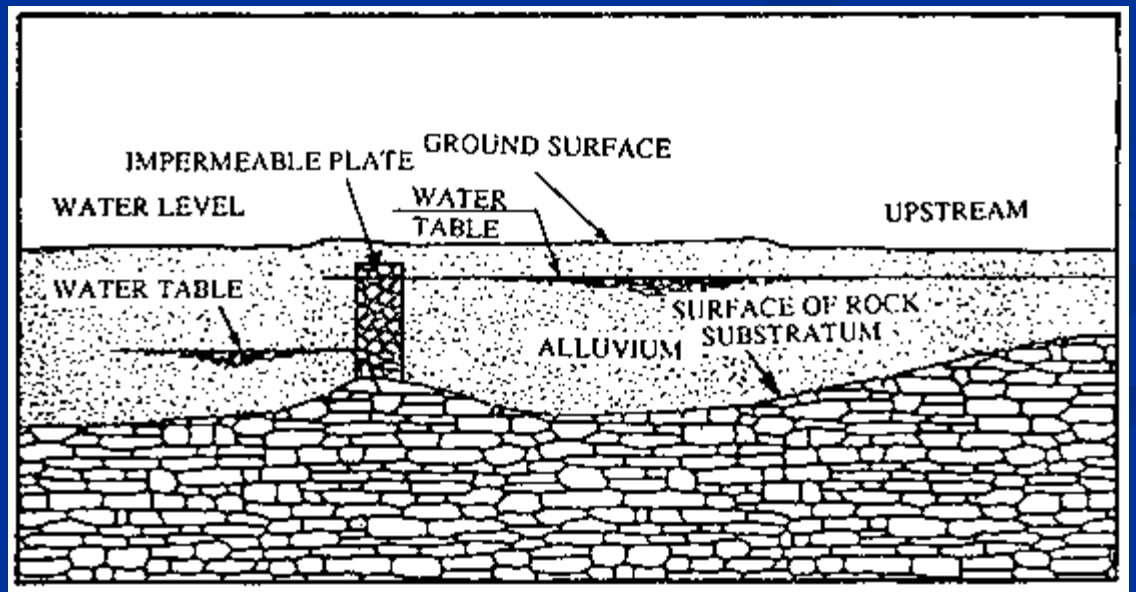



سطح ایستابی اولیه
تغذیه طبیعی
رودخانه
سطح ایستابی وقتی‌که
گالری عمل می‌کند
گالری نفوذ

احداث حوضچه تغذیه در شن چال منطقه کرج

سد زیرزمینی

سد زیرزمینی از جمله تکنیک هایی است که به کمک آن می توان از طریق بهبود منابع آبی موجود، بهره وری از آن ها را افزایش داد. همچنین با جمع آوری و استحصال آب هایی که از دسترس خارج می شوند(نشت آب و بازگشت به لایه های زیرین) به هنگام خشکسالی به مقابله با بحران کم آبی پرداخت و میزان هدر رفت آب را کاهش داد



هدف از طراحی سد های زیر زمینی

۱. تامین آب مصرفی
۲. مدیریت منابع آب (مانند مسدود کردن چند چشمه یا قنات و هدایت آب آنها به چشمه اصلی یا مادر چاه قنوات)
۳. جلوگیری از پیشروی آب شور به آب زیر زمینی مانند سواحل و دشت های نمک
۴. زیست محیطی مانند پخش آلودگی یا تشعشعات هسته ای و اثرات سوء آنها بر آب های زیرزمینی.

انواع سد زیر زمینی از لحاظ وضعیت قرار گیری در زمین :

الف) سدزیرزمینی طبیعی

ب) سدزیرزمینی مصنوعی

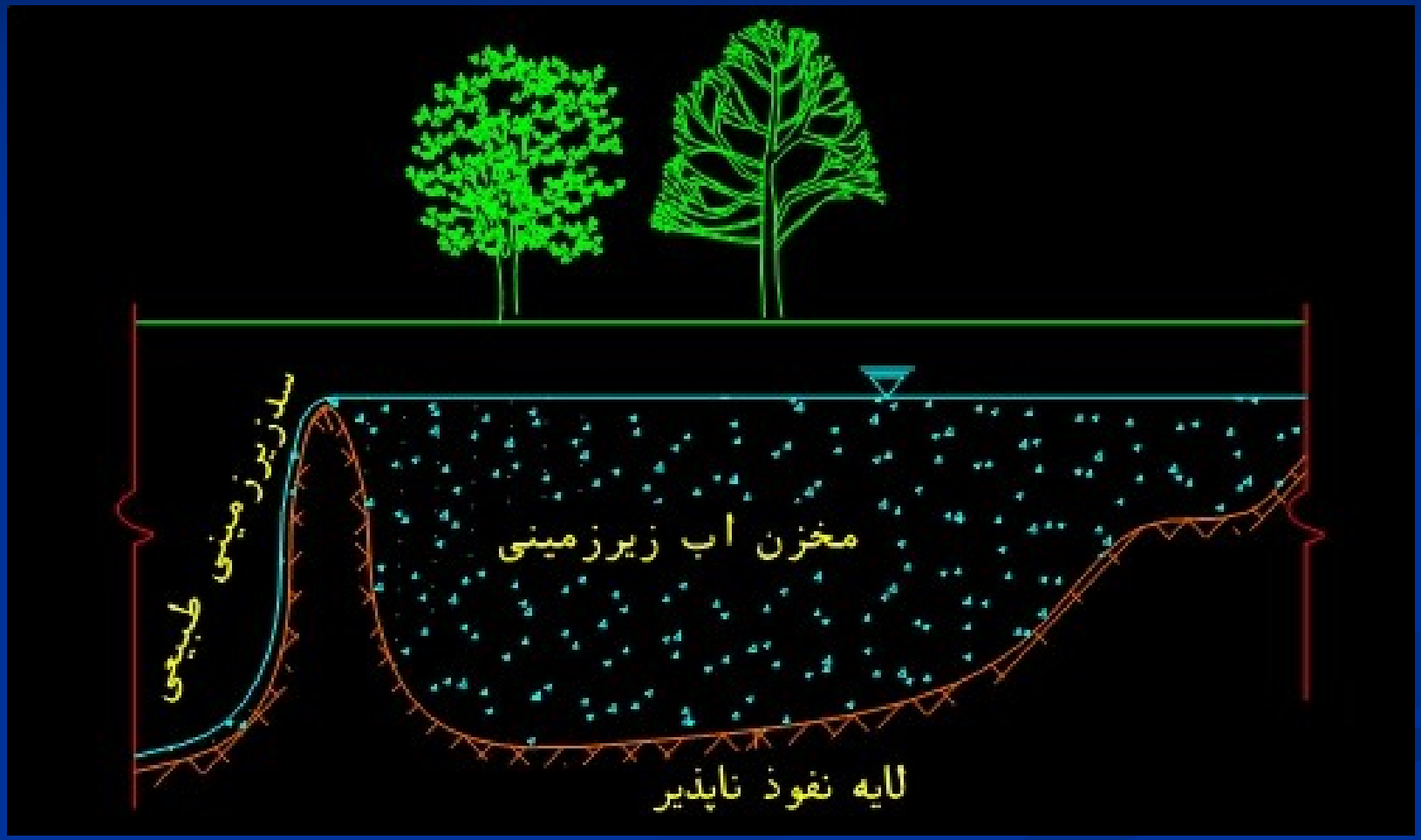
۱.مدفون

ب-۱-۱) سدهای مدفون نزدیک سطح زمین

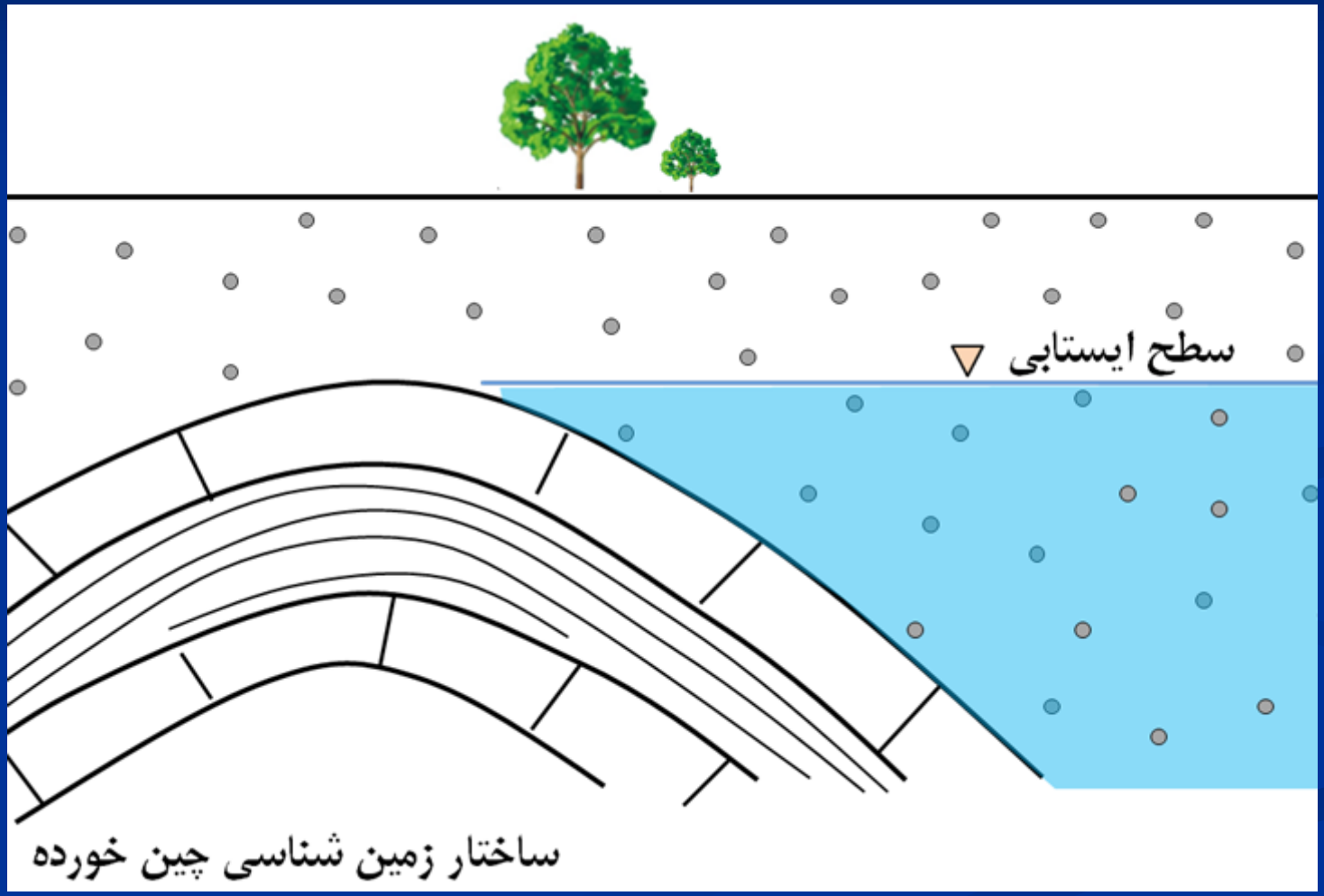
ب -۱-۲-) سدهای مدفون در اعماق زمین

۲. نیمه مدفون

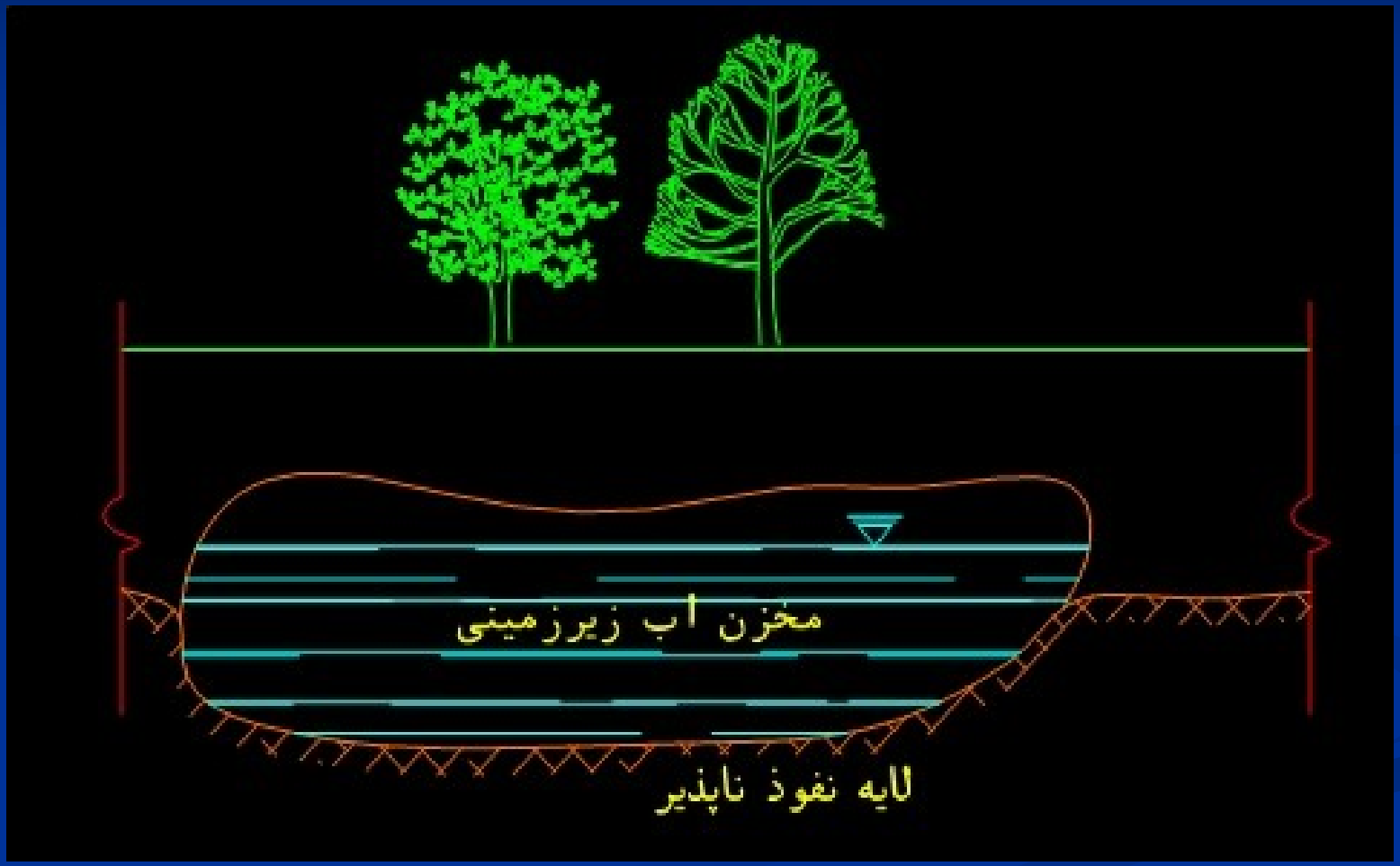
الف) سدزیرزمینی طبیعی



الف) سدزیرزمینی طبیعی



الف) سدزیرزمینی طبیعی



الف) سدزیرزمینی طبیعی

ب) سدهای مصنوعی :

سدهایی هستند که ساخته دست بشر هستند و به دو دسته مدفون و نیمه مدفون تقسیم می شوند .

ب-۱) سدهای مدفون :

این نوع سدها شامل دیواره ای هستند که به طور کامل داخل زمین قرار گرفته اند و مخزن آن در داخل آبرفت بالا دست تشکیل می گردد . اکثر سدهای زیر زمینی از این نوع هستند . سدهای مدفون به دو دسته نزدیک سطح زمین و در اعماق زمین تقسیم می شوند .

ب-۱-۱) سدهای مدفون نزدیک سطح زمین :

لایه نفوذناپذیر مصنوعی هستند که عمود بر مسیر آب زیرزمینی قرار گرفته اند و ارتفاع آن از سطح زمین بالاتر نمی آید .

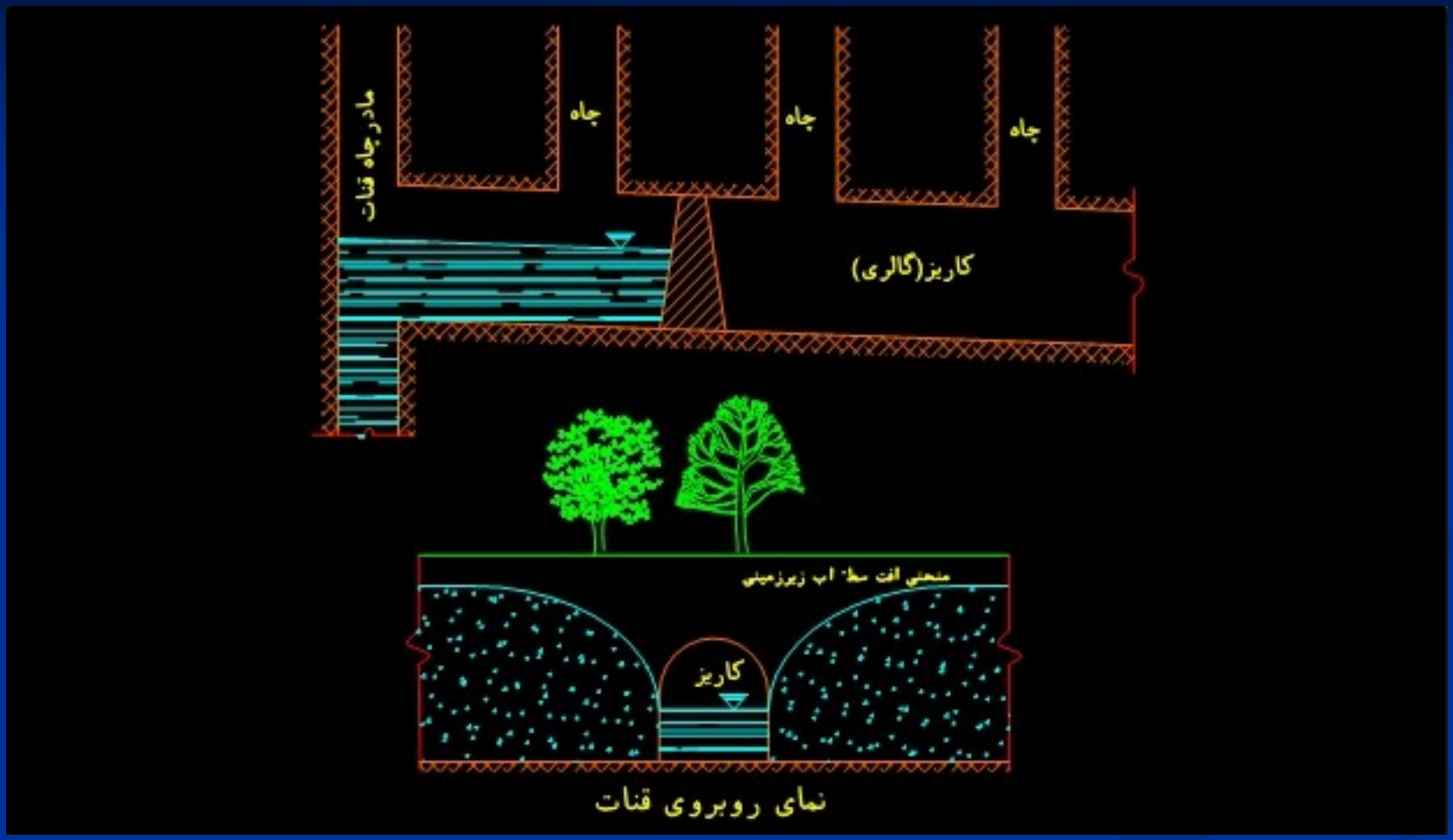
ب) سدهای مصنوعی

ب-۱-۱) سدهای مدفون نزدیک سطح زمین

ب -۱-۲-) سدهای مدفون در اعماق زمین :

در بعضی مواقع به منظور جلوگیری از خروج آب قنوات در زمان غیر ابیاری وزمستان می توان در محل مناسبی از مسیرقنات اقدام به احداث سد زیرزمینی نمود و آب مازاد را در داخل سفره بالا دست ان ذخیره ساخت . این روش به طور سنتی در بعضی از نقاط کشور به کار گرفته شده است . همچنین با احداث این گونه سدها می توان مسیر برخی از چشمه ها و قناتها را مسدود کرد و اب انها را به سمت چشمه اصلی و مادر چاه قناتها هدایت نمود .

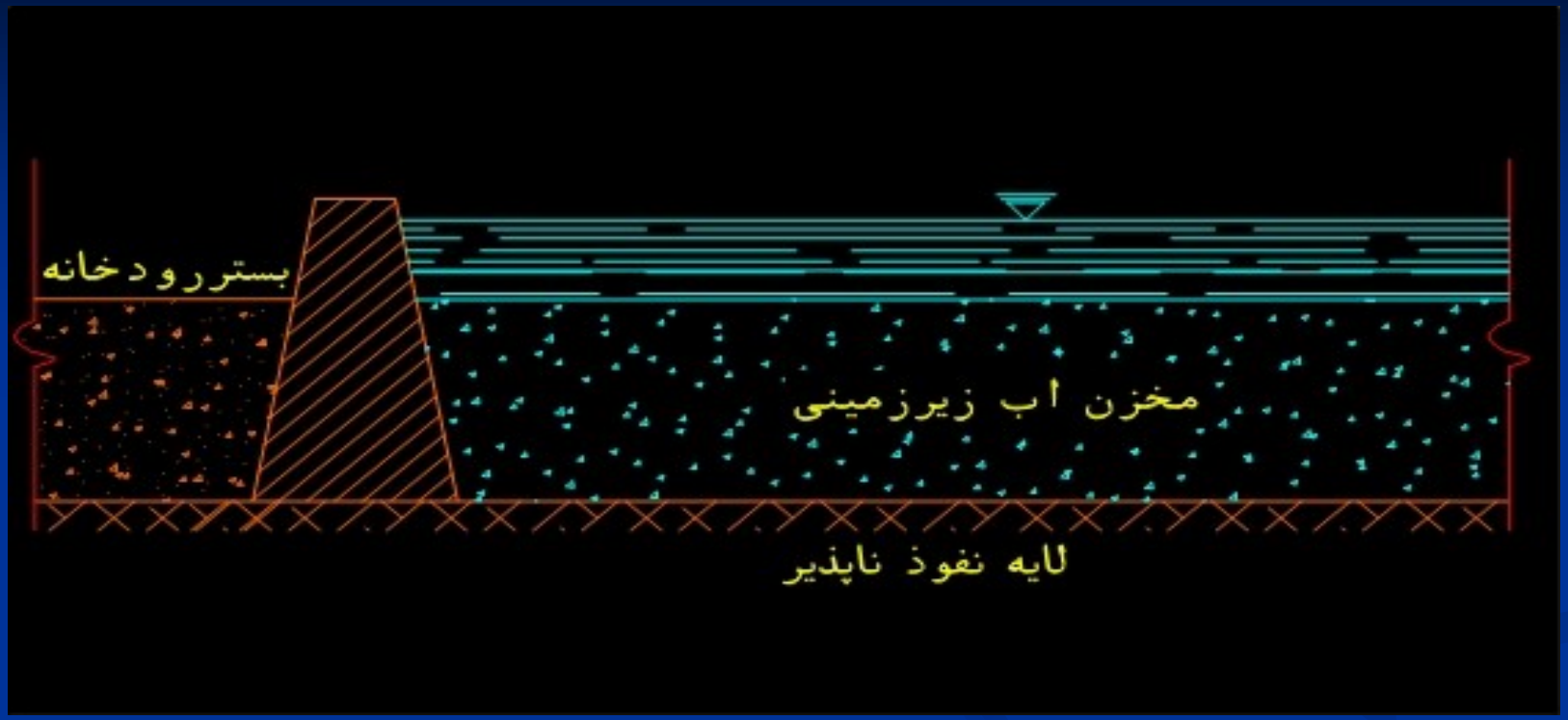
ب -۱-۲-) سدهای مدفون در اعماق زمین

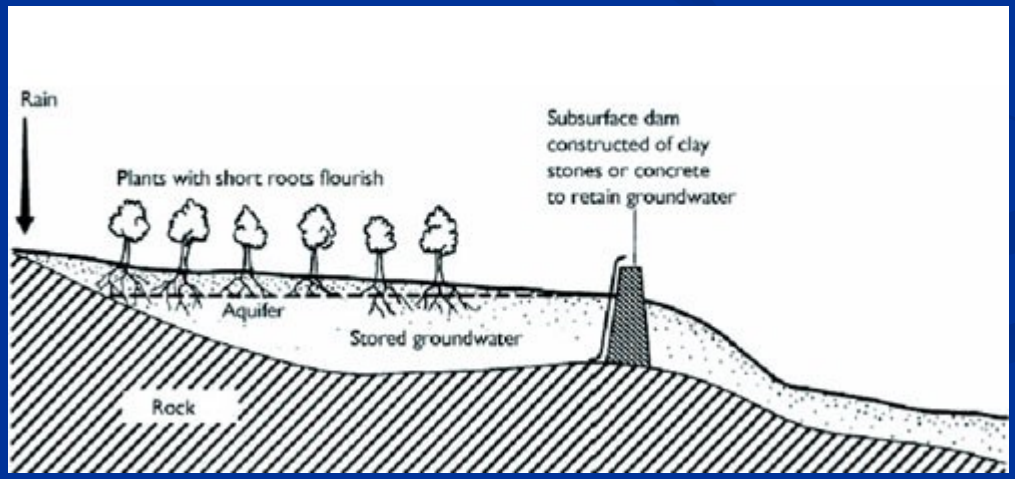


ب-۲ سدهای نیمه مدفون

در سدهای نیمه مدفون دیواره نفوذناپذیر غالباً تا ارتفاع بالاتری از سطح زمین نیز امتداد پیدا می کند .این نوع سدها می توانند علاوه بر یک مخزن زیر زمینی کبر حجم مخزن زیر سطحی خود بیفزاید و آن را توسعه دهد بنابراین برای کنترل سیل نیز مناسب خواهند بود . نمونه ای از این سدها در ژاپن (سد نیمه مدفون جو گین) .ساخته شده او مورد بهره برداری قرار گرفته است .شکل روبرو شماتیک یک سد زیر زمینی نیمه مدفون نمایش داده شده است .

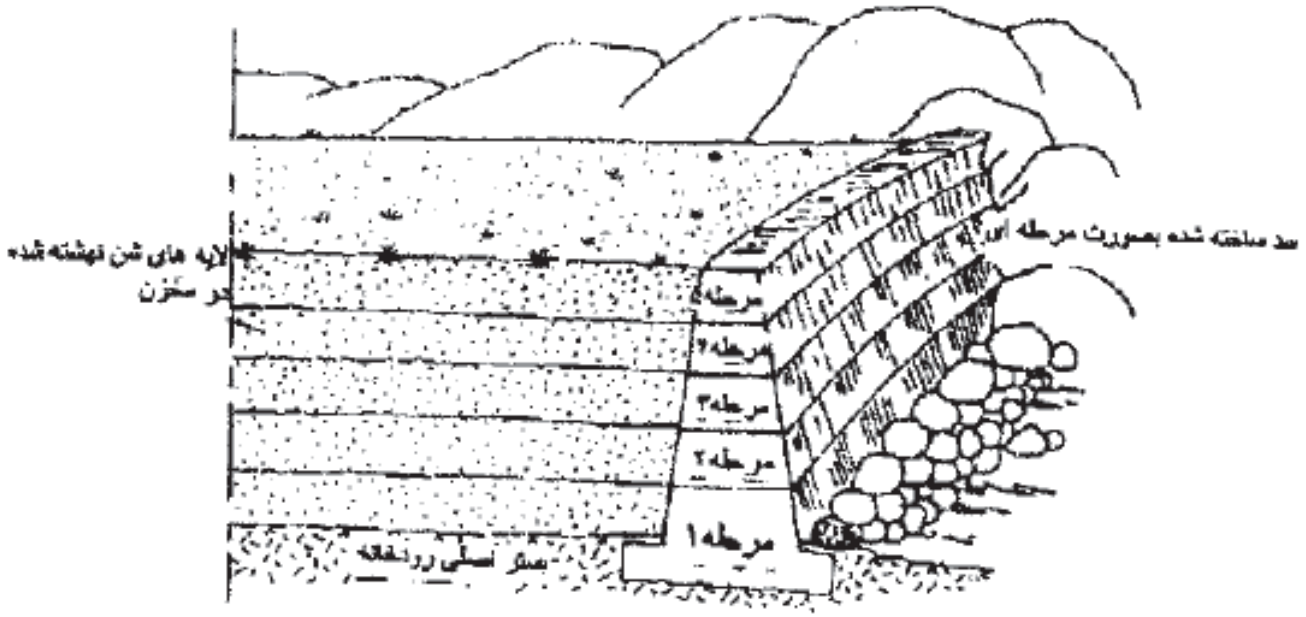
ب-۲ سدهای نیمه مدفون



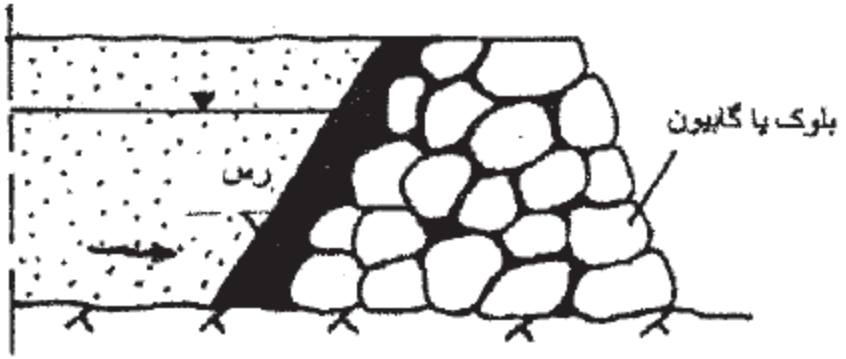


انواع سدهای زیر زمینی از لحاظ نوع مصالح به کار رفته

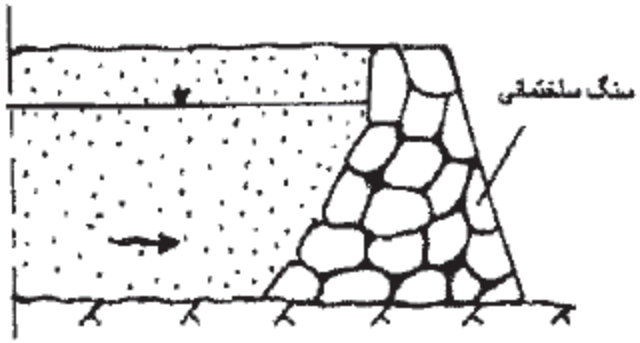
۱. سدهای خاکی با هسته رسی
۲. سدهای سپری
۳. سدهای شنی



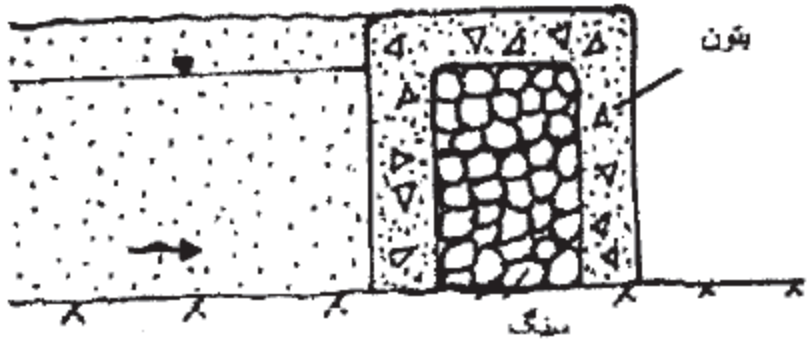
شکل ۲ ـ ضوابط ساخت سد شنی ذخیره‌ای



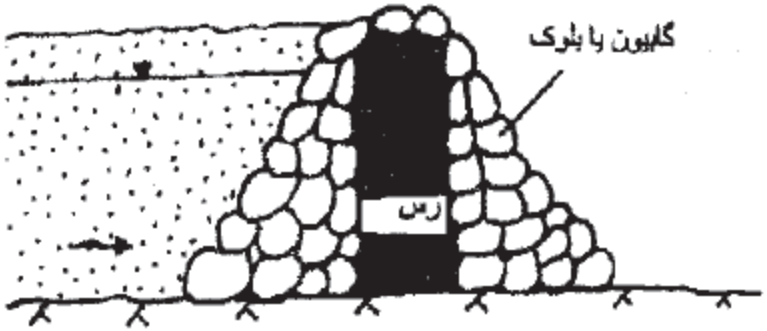
شکل ۴- سد ذخیره ای شنی گابیونی با پوشش رسی



شکل ۵ ـ سد ذخیره ای شنی با مصالح ساختمانی



شکل ۶ ـ سد ذخیره ای شنی سنگی با پوشش بتونی



شکل۷- سد ذخیره ای شنی گابیونی با هسته رسی

طراحی سدهای زیر زمینی

الف) مطالعات احداث سد

الف-۱) مطالعات مقدماتی

الف -۲) مطالعات تکمیلی

ب) مکانیابی سدهای زیرزمینی

ب- ۱) توپوگرافی حوضه

ب-۲) زمین شناسی حوضه

ج) ساخت سدهای زیر زمینی :

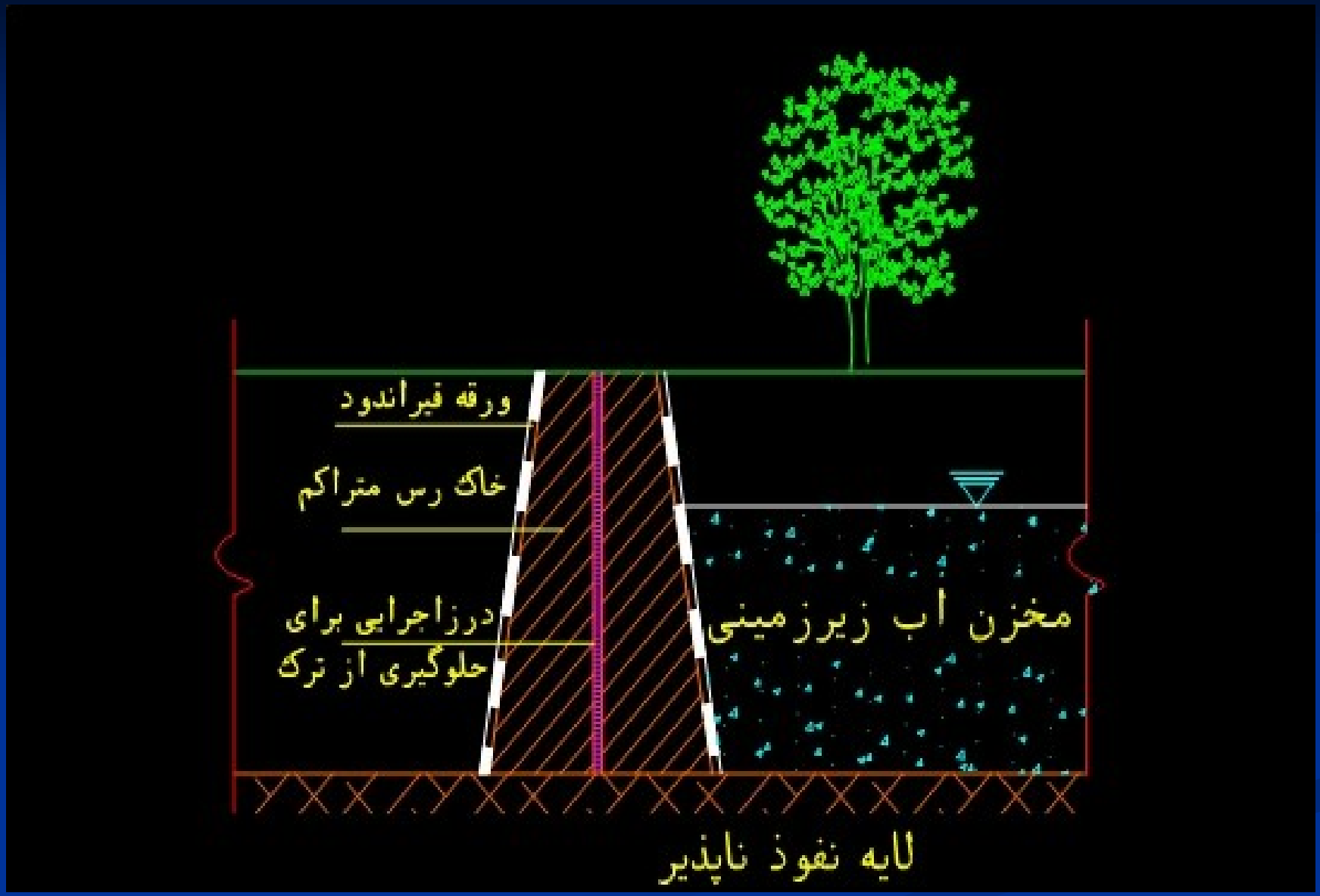
ج) ساخت سدهای زیر زمینی :

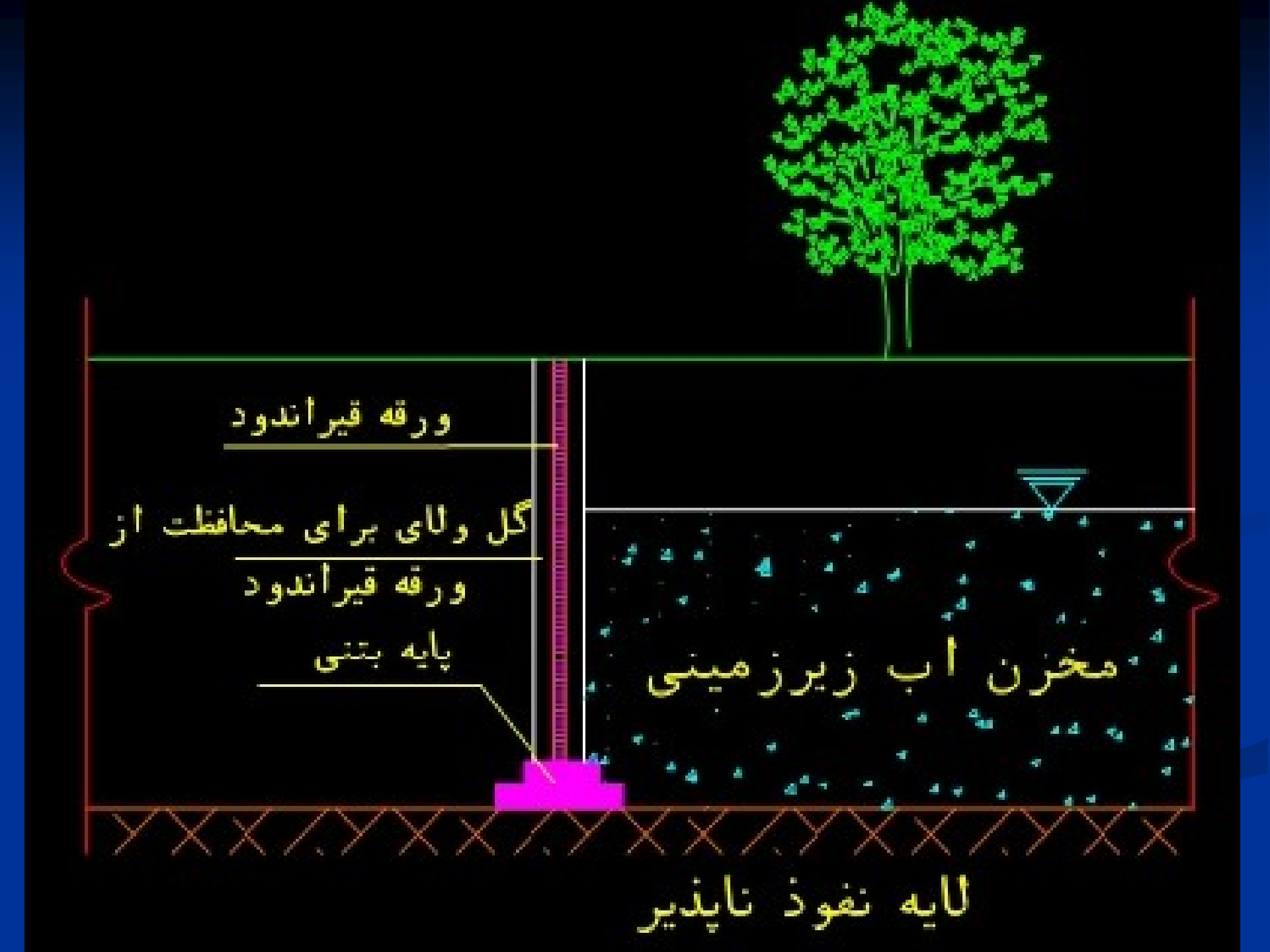
احداث سدهای زیر زمینی با توجه به سه پارامتر:

۱-منبع قرضه موجود در منطقه

۲- هزینه های مصرفی

۳- سهولت انجام کار تعیین می شود


ورقه فیراندود
خاک رس متراکم
درزاجرایی برای
جلوگیری از ترک
مخزن آب زیرزمینی
لایه نفوذ ناپذیر

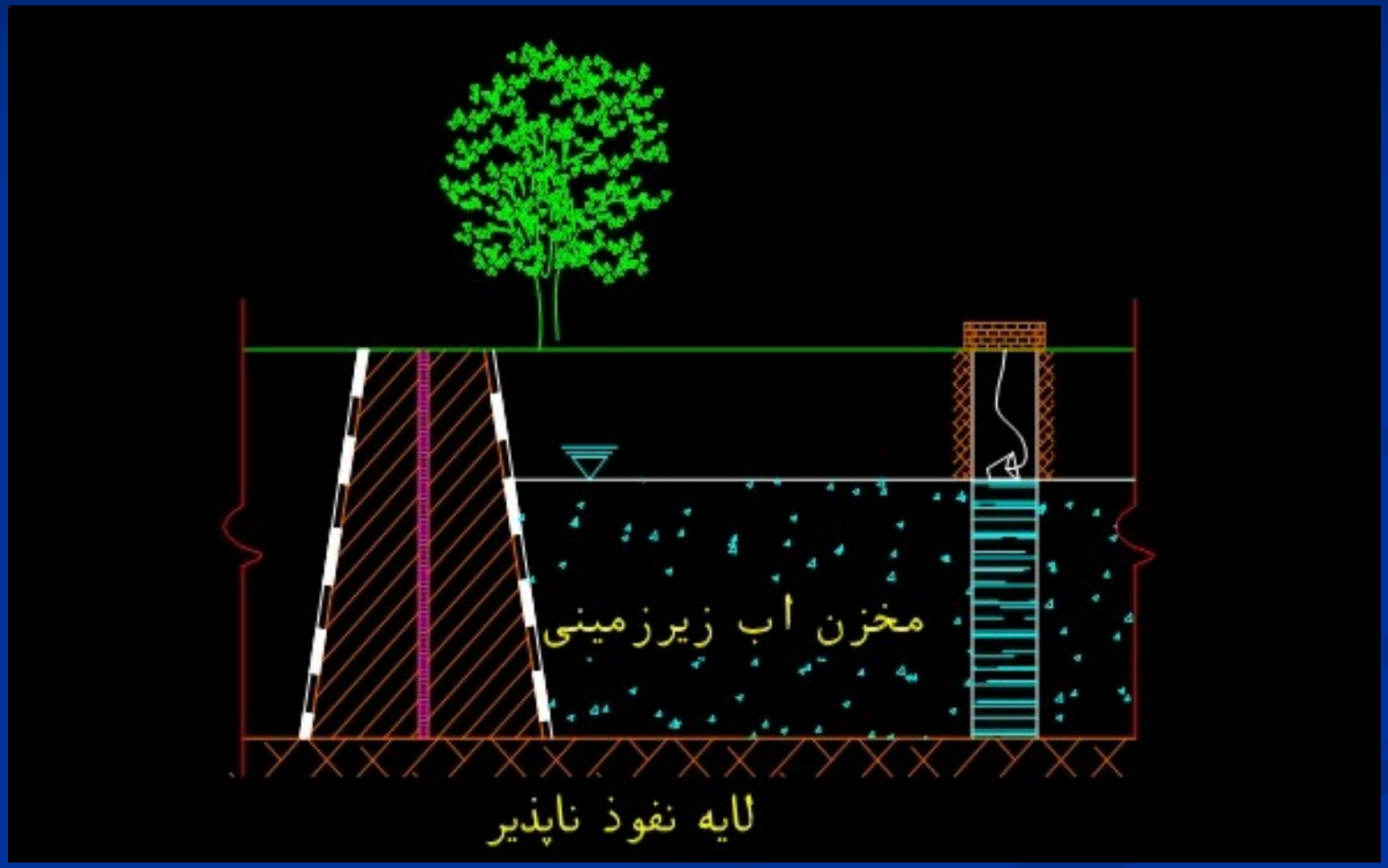

ورقه قیراندود
گل ولای برای محافظت از
ورقه قیراندود
پایه بتنی
مخزن آب زیرزمینی
لایه نفوذ ناپذیر

استخراج آب از سدهای زیر زمینی

استخراج اب از سدهای زیر زمینی به دو صورت

ثقلی و چاهی صورت می گیرد

۱-استخراج به وسیله چاه



۲-استخراج آب به روش ثقلی

مزایای سد های زیرزمینی

۱. هزینه ساخت بسیار پایین تر
۲. نزدیکتر بودن سد به محل مصرف
۳. عدم کاهش آب به علت تبخیر سطحی
۴. بهداشتی تر بودن مصرف آب آن به علت گندزدایی از میکـروب و ویروسـهایی که اغلب در آبهای پشت سد ها وجود دارد.
۵. توزیع آب سدهای سطحی بوسیله کانال کشی بسیار گران است.
۶. تکنولوژی ساخت بسیار ساده

معایب سدهای زیر زمینی

۱- حجم آب کمتری را در مخزن خود ذخیره می نماید .

۲- تخمین صحیح آب ذخیره شده و قابل برداشت بسیار مشکل است و به عوامل متعددی بستگی دارد .

۳- در این نوع سدها به علت غیر قابل رویت بودن کار، کنترل عملیات اجرایی، کنترل کیفیت ساخت دیواره اب بند و همچنین کنترل آبگذری از مرزها بسیار مشکل می باشد

۴- در صورتی که عمق بدنه سد از ۷۰ متر بیشتر باشد پروژه از لحاظ اجرایی و تهیه دستگاه حفاری مناسب و مسائل اقتصادی با مشکل مواجه خواهد شد .

پایان

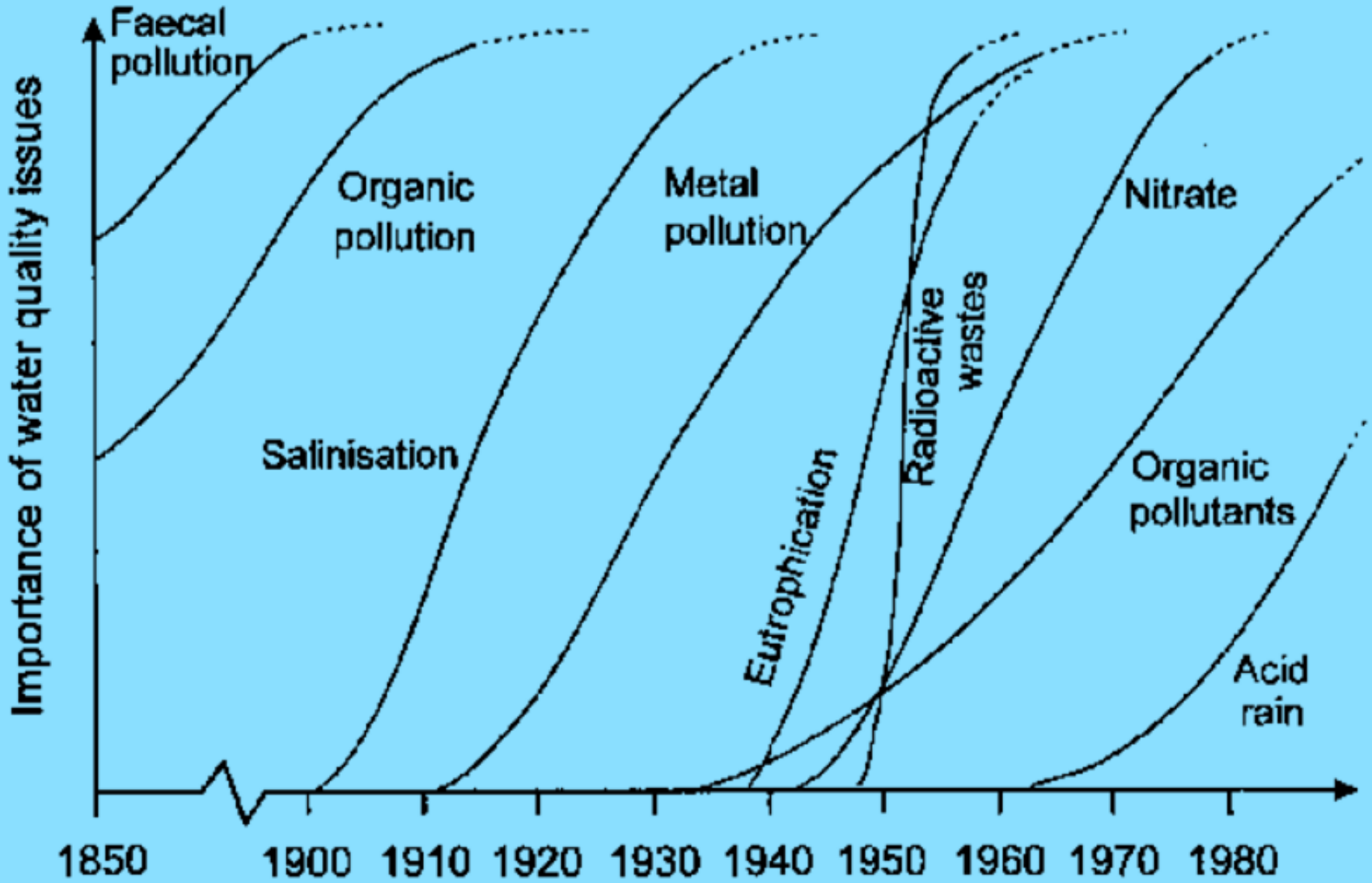
اهمیت و وضعیت
کیفیت آب زیرزمینی

کیفیت آب زیرزمینی

مقدمه :

کیفیت آب زیر زمینی نتیجه کلیه فرایند ها و واکنش هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر تا زمانی که توسط چاه ، قنات یا چشمه از زیر زمین خارج می شود بر روی آن عمل کرده است.

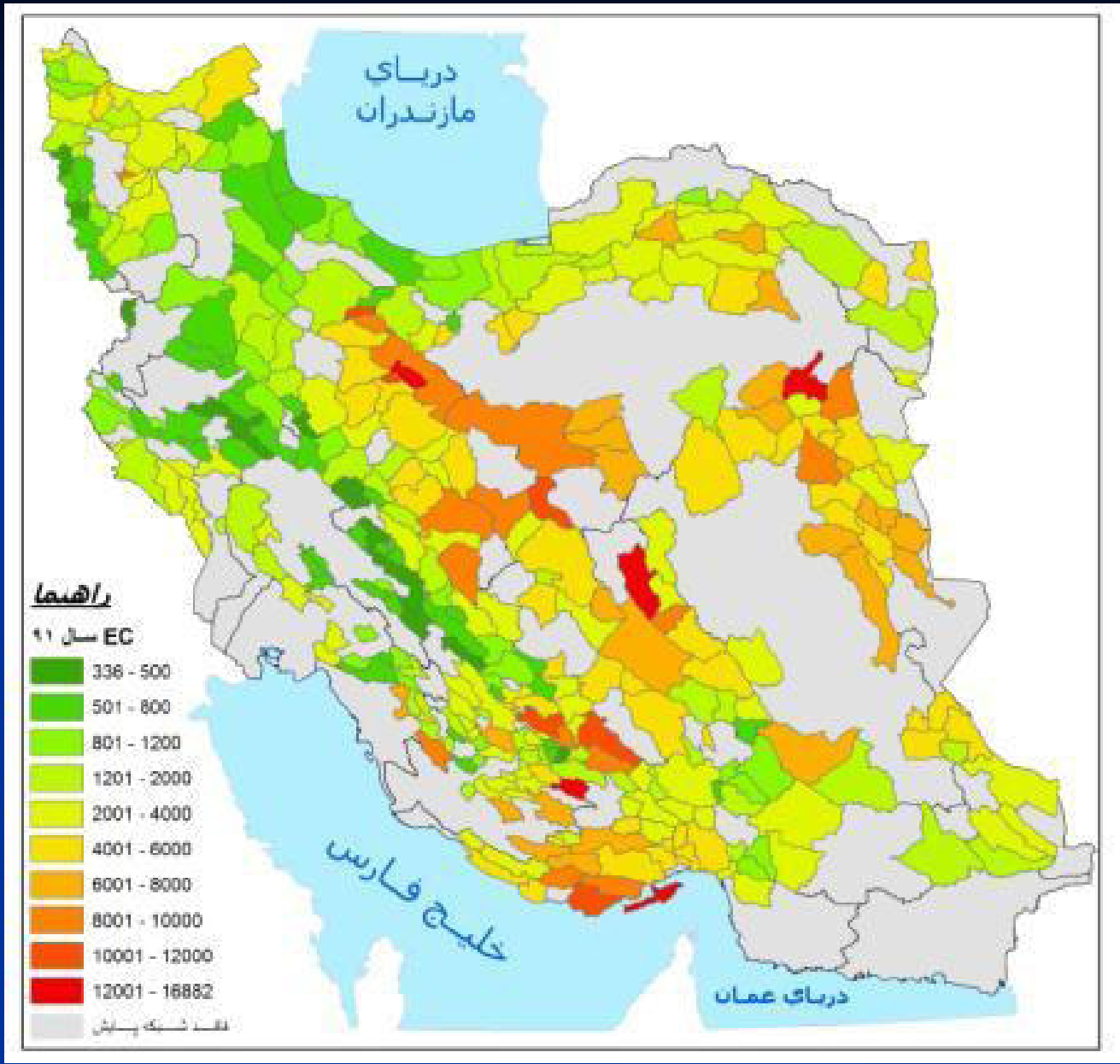
Figure 1.3. The sequence of water quality issues arising in industrialised countries (After Meybeck and Helmer, 1989)



وضعیت آب در جهان

(گزارش یونسکو – ۲۰۱۵)

- ✓ حدود ۹۰ ٪ پساب ها بدون تصفیه وارد چرخه می شوند.
- ✓ در نیم قرن گذشته ۳۷ خشونت بین کشورها بر سر آب بود که ۳۰ مورد آن در خاورمیانه بود.
- ✓ تا سال ۲۰۵۰ هزینه سالانه جهانی سازگاری با تغییر اقلیم بین ۷۰ تا ۱۰۰ میلیارد دلار خواهد بود.



میکروزیمنس بر سانتیمتر

کیفیت آب زیرزمینی

عوامل موثر بر کیفیت آب :

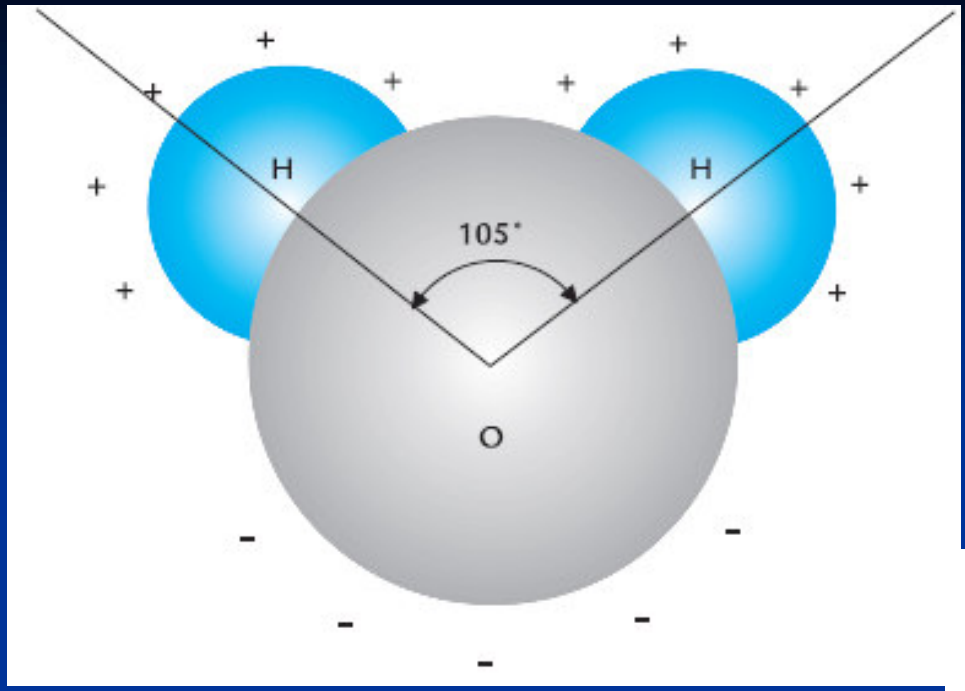
1. **ترکیب شیمیایی محیط زمین درگیر آب**
2. **فعالیت بیولوژیکی درون آب**
3. **درجه حرارت**
4. **زمان**

کیفیت آب زیرزمینی در سنگها

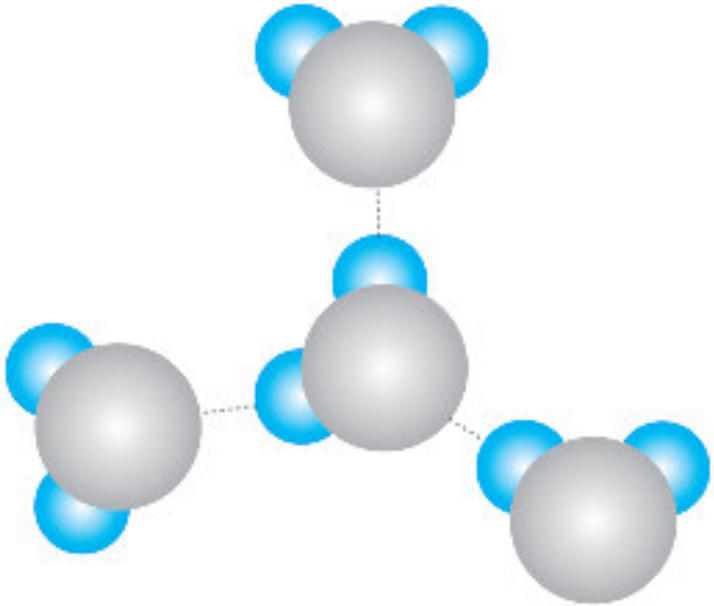
- ✓ آبهای زیر زمینی در سنگ های آذرین و سنگ های دگرگونی متبلـــور، به علت قابلیت انحلال نسبتاً کم این سنگ ها حاوی مواد محلـــول خیلـــی کمی هسستند.
- ✓ سنگ های تبخیری مثل سنگ نمک و سنگ گچ انحلال پـــذیری زیـــادی دارند و موجب بالا بردن شوری آبهای زیر زمینی می شود .
- ✓ فعالیت های زمین گرمایی
- ✓ تغلیظ توسط تبخیر و تعرق در سطح

ویژگی های فیزیکی آب

ویژگی ها آب

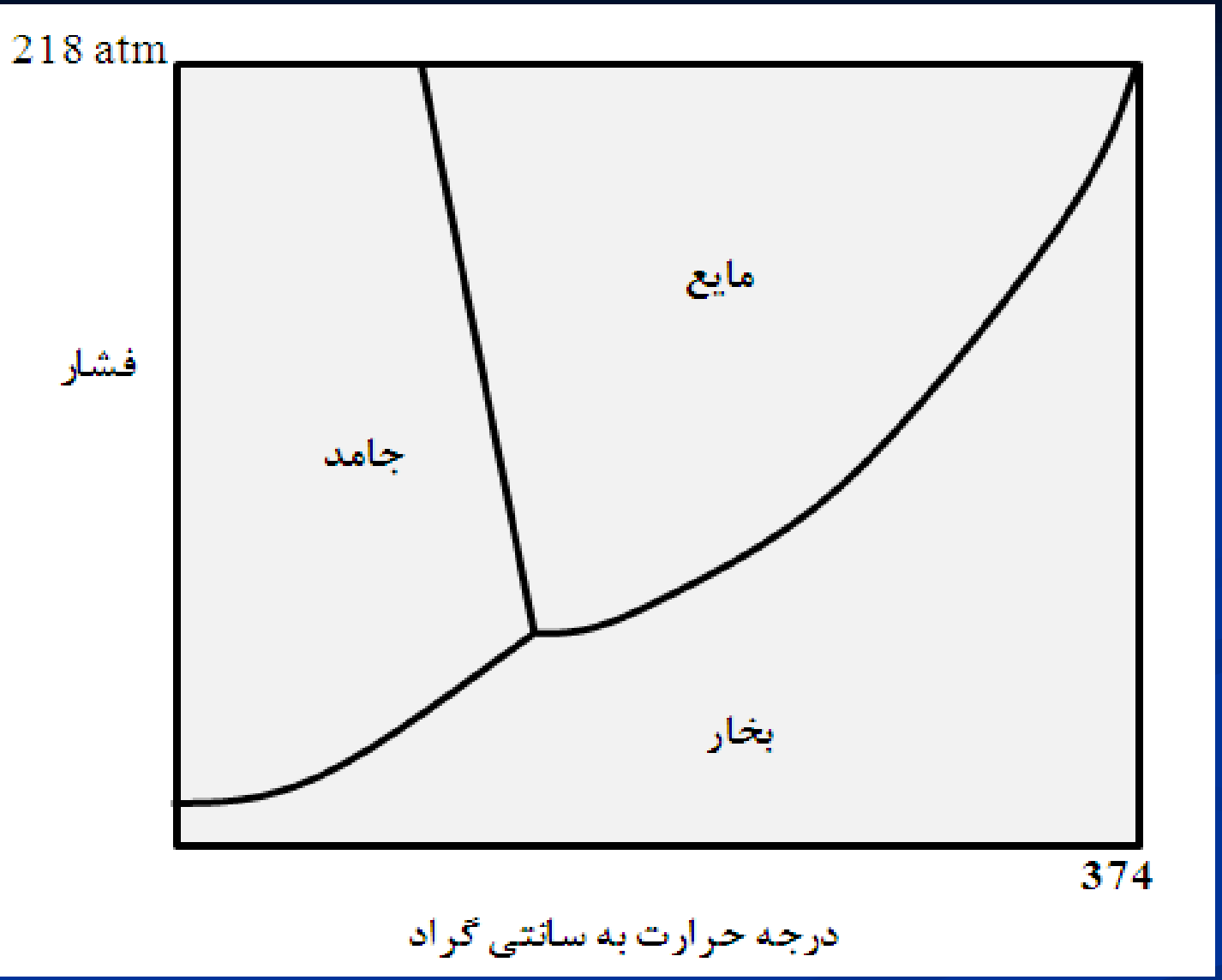


Geometry of a water molecule (up) and hydrogen bonding of water molecules (down).



Fitts,2002

آب با فرمول شیمیایی H_2O ماده‌ای است بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌طعم و دارای اسیدیته (PH) حدود ۷ می‌باشد. تنها ماده‌ای است که به سه حالت جامد (یخ)، مایع (آب) و گاز (بخار) بطور طبیعی در کره زمین پیدا می‌شود. ویژگی‌های آب منحصر به خودش است و با تغییر حالت، برخی از خواص آن دچار تغییر می‌شود



نمودار حالت آب

$$G_{sw} = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\gamma_w}{\gamma_w} = \frac{1}{1} = 1$$

آب خالص در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد (دمای آزمایشگاهی) و فشار ۱ اتمسفر دارای وزن واحد حجم یک گرم بر سانتی متر مکعب است.

Viscosity

به مقاومت مشخصه آب در برابر جریان یافتن، گرانروی یا ناروانی گفته می‌شود

برای اندازه‌گیری گرانروی آب، زمان عبور مقدار معینی از آن را از مقطعی باریک تحت فشار و حرارت مشخص تعیین می‌کنند. گرانروی نتیجه وجود نیروهای جاذبه بین مولکولی مایعات است و به وزن مولکولی و ساختمان اتمی آنها بستگی دارد.

مایعاتی که دارای وزن مولکولی بزرگ و شکل نامنظمی دارند، گرانروی بالاتری دارند. با افزایش درجه حرارت، گرانروی کاهش می‌یابد و از طرفی افزایش فشار باعث افزایش گرانروی می‌شود، لذا گرانروی با درجه حرارت نسبت عکس و با فشار نسبت مستقیم دارد.

گرانروی آب، در آن نیرویی بنام **کشش سطحی** ایجاد می کند. مولکول‌هایی که در سطح آب قرار دارند بوسیله مولکول‌های دیگر به سمت داخل مایع (آب) کشیده می‌شوند. این امر سبب می‌شود که قطرات مایع کروی باشد.

کشش سطحی مشخص کننده مقدار نیرویی است که سطح مایع را به داخل می کشد.

Vapor pressure

در درجه حرارت مشخص، فشاری که از مولکول‌های بخار آب در حالت تعادل نتیجه می‌شود، به نام فشار بخار معروف است. در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد فشار بخار آب ۲۱×۱۰^{-۸} نیوتن بر متر مربع است. هرچه درجه حرارت بالاتر رود، متوسط انرژی جنبشی مولکول‌ها زیادتر شده و در نتیجه مقدار مولکول‌هایی که انرژی زیادتری دارند قادرند خود را از مایع رها سازند، در نتیجه فشار بخار آنها بزرگتر می‌شود.

Latent heat

مقدار گرمایی که در تبدیل حالات آب گرفته و یا آزاد می‌شود را گرمای نهان گویند و در حالت‌های مختلف تبخیر، تقطیر، تصعید، ذوب و انجماد گرمای نهان، آب دارای مقدار معینی است و بر حسب کالری بر گرم است.

ظرفیت گرمای ویژه آب

اندازه گرمایی که لازم است تا دمای یک کیلوگرم از آن ماده را یک درجه سانتی گراد تغییردهد. به عبارت دیگر مقدار انرژی است که یک کیلوگرم از آن ماده دریافت می‌کند تا درجه حرارت آن ماده یک درجه سانتی گراد افزایش یابد

خصوصیات فیزیکی آبهای زیر زمینی

۱–کدورت (توانایی عبور نور)

۲–رنگ

۳–دما

۴–مزه و بوی آب

جدول ۱-۹) ضوابط توصیه شده برای پارامترهای فیزیکی آب آشامیدنی

ردیف	ویژگی	حد مطلوب	مقدار مجاز	واحد اندازه گیری
۱	کدورت	کمتر یا مساوی ۱	بیشینه ۵	NTU [۱]
۲	رنگ	کمتر یا مساوی۱	بیشینه ۲۰	پلاتین کبالت برای رنگ حقیقی آب TCU [۲]
۳	بو	صفر	بیشینه ۲ واحد در ۱۲ درجه سلسیوس بیشینه ۳ واحد در ۲۵ درجه سلسیوس	رقم استانه بو (TON) [۳]
۴	pH	۷ - ۸/۵	۶/۵ - ۹	
۵	طعم	ـــــ	باید مقبولیت مردمی داشته باشد و مورد اعتراض واقع نشود.	
۶	روغن		به صورت شناور مشاهده نگردد.	

۱: Nephelometric Turbidity Unit ، ۲: True Color Unit ، ۳: Threshold odour Number

Common Inorganic Solutes in Water

Cations	Anions	Other
	Major Constituents	
Calcium (Ca^{2+}) Magnesium (Mg^{2+}) Sodium (Na^{+}) Potassium (K^{+})	Bicarbonate (HCO_3^-) Chloride (Cl^-) Sulfate (SO_4^{2-})	Dissolved CO_2 ($H_2CO_3^*$) Silica ($SiO_2(aq)$)
	Minor Constituents	
Iron (Fe^{2+}, Fe^{3+}) Strontium (Sr^{2+})	Carbonate (CO_3^{2-}) Fluoride (F^-) Nitrate (NO_3^{2-})	Boron (B)

Fitts,2002

Inorganic Chemistry of Typical Natural Water Samples (mg/L)

Source	pH	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^{-}	SO_4^{2-}	Cl^{-}	SiO_2†	TDS
Precipitation:										
1	4.3	0.26	0.03	0.07	0.05	—	3.03	0.24	—	6
2	5.4	0.41	0.59	4.36	0.10	—	1.97	8.2	—	16
Sea Surface:										
3	7.8	423	1,320	11,100	410	129	2,790	19,900	1–10	36,100
Rivers:										
4	—	19	2.3	6.4	1.1	68	7.0	6.5	11.1	122
5	—	83	24	95	5.0	135	270	82	9.3	703
Groundwater:										
6	6.9	10	1.5	5.0	0.8	19	5.5	11	—	49
7	7.6	24.5	10.7	24.9	4.7	170	21.8	7.1	56.5	234
8	7.5	69	29	3.5	1.1	297	37	9.4	11	320
9	6.9	21	3.1	170	8.4	400	12	85	12	510
10	7.3	210	100	2,000	46	300	1,200	3,000	6.7	6,700

Fitts,2002

شاخص های کیفی آب

شاخص های کیفی آب

1. شاخص های املاح محلول در آب
2. شاخص های مواد معلق در آب
3. شاخص های آلودگی مواد آلی
4. شاخص های بهداشتی بودن آب

شاخص های کیفی آب

1. شاخص های املاح محلول در آب

- ✓Electrical Conductivity (EC)
- ✓Total Dissolved Solids (TDS)
- ✓PH
- ✓Alkalinity
- ✓Hardness
- ✓Ions in water

هدایت الکتریکی(EC)
Electrical Conductivity

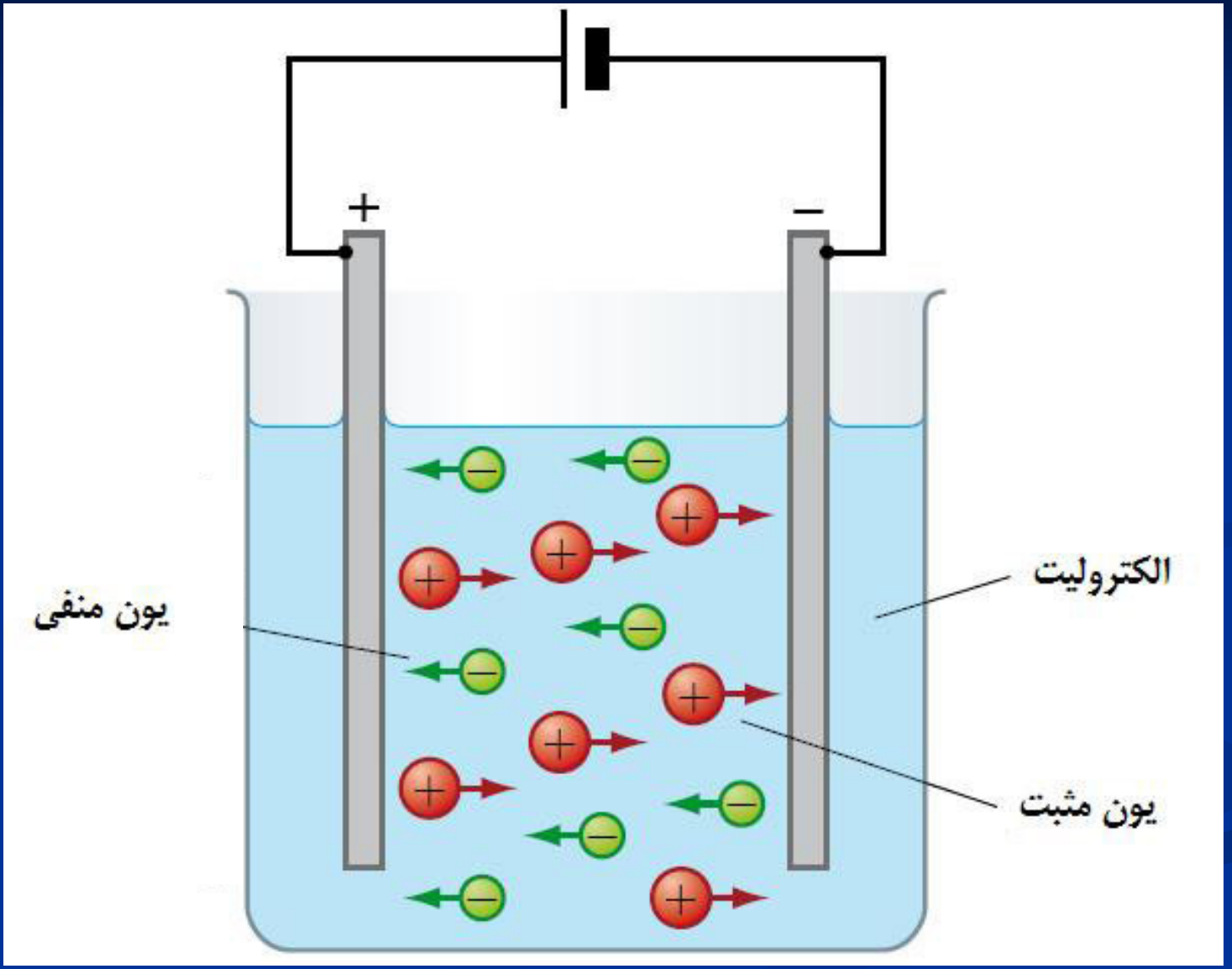
قابلیت هدایت و انتقال جریان الکتریسیته در آب را هدایت الکتریکی گویند . به غلظت مواد قابل حل در آب بستگی دارد .

واحد EC در سیستم متریک mho/m است . Mho عکس اهم (ohm) است . موهو بر سانتی متر ، میلی موهو بر سانتی متر ، میکرو موهو بر سانتی متر

بجای موهو در اغلب منابع از موس (mhos) استفاده می شود .

در ۲۵ درجه سانتی گراد مقدار EC در حد استاندارد قرار دارد .

Electrical Conductivity



EC µs/cm	میزان املاح
EC < 100	املاح خیلی کم
100< EC <200	املاح کم
200< EC< 333	املاح نسبتاً کم
333< EC < 666	املاح متوسط
666< EC < 1000	املاح زیاد

مجموع جامدات محلول (TDS)
Total Dissolved Solids

$$TDS = 0.6 * AlK + So4 + Cl + No3 + F + Ca + Mg + Na + K$$

کل مواد محلول (T.D.S)شامل مواد جامدی است که در آب محلول است .

مقدار TDS آبهای زیر زمینی بین ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰میلی گرم در لیتر در تغییر است . مقدار آب دریا ۳۴۰۰۰ و آب نمک اشباع ۳۰۰۰۰۰ میلی گرم در لیتر است .

مقدار TDSمجاز ۱۵۰۰ میلی گرم در لیتر است.

$$TDS = 0.64 \times EC_{(mmho/cm)}$$

EC µs/cm	ضریب (α)
5-10	0.5
10-100	0.6
100-500	0.64
500-1000	0.7
1000-10000	0.8
10000-20000	0.9
20000-30000	1
30000<	1.2

TDS μs/cm	درجه توصیف
TDS < 300	عالی
300< TDS <600	خوب
600< TDS < 900	متوسط
900< TDS < 1200	بد
1200< TDS	غیر قابل قبول

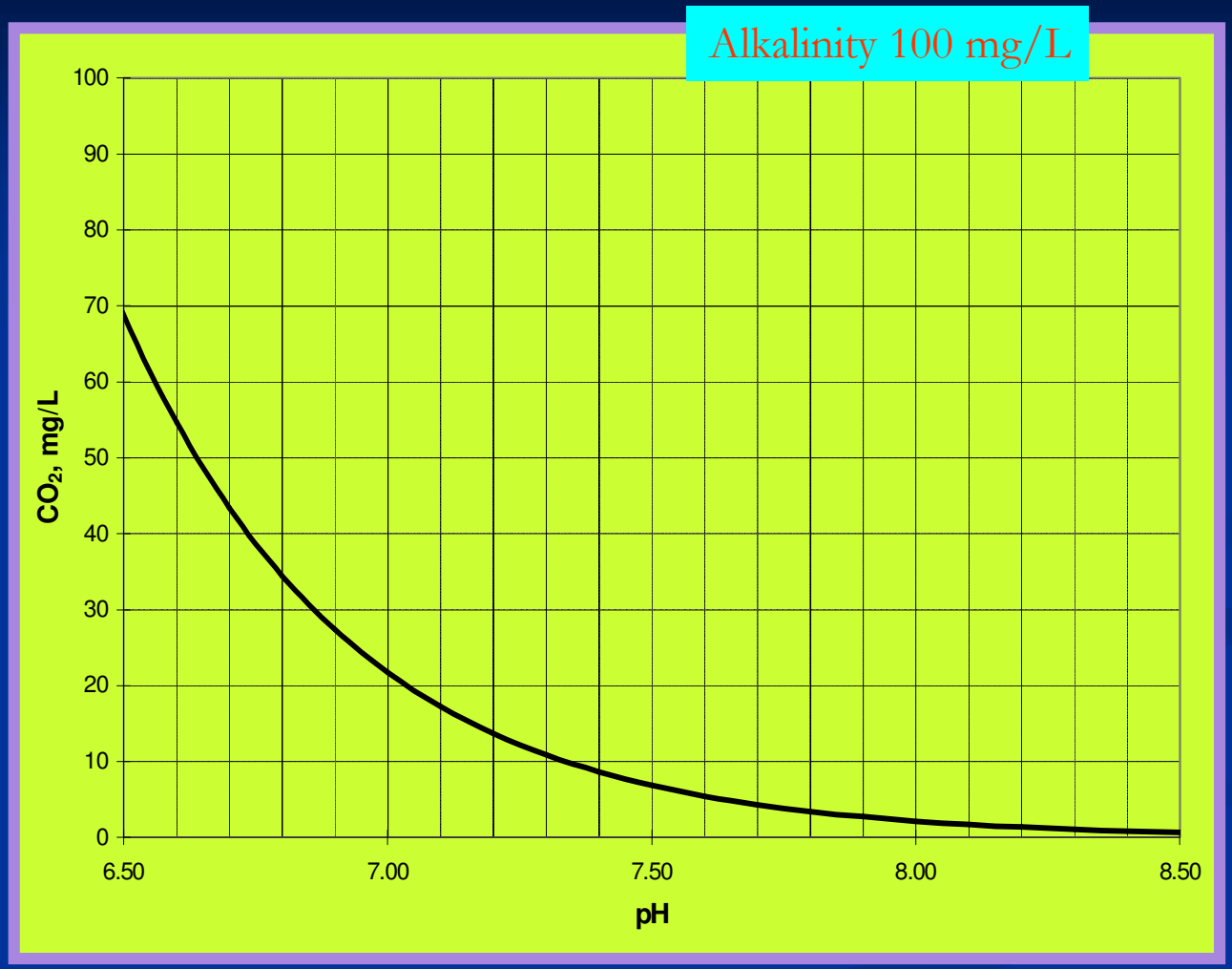
اسیدیته :

عبارت است از توانایی آب برای واکنش با یون های هیدروکسیل. اکثر آبهای طبیعی دارای $6<PH<8.5$ است.

اسیدیته معرف قدرت اسیدی آب است.

PH غلظت یون هیدروژن را نشان می دهد.

pH, alkalinity and CO_2



The relationship between pH, alkalinity, and CO_2 concentrations.

قلیائیت:

عبارت است از توانایی آب برای خنثی کردن اسید. با توجه به اینکه تمامی قلیایی بودن آب زیرزمینی توسط یون های کربنات و بی کربنات تولید می شود ، عیار قلیاییت برحسب غلظت $CaCO_3$ به همراه CO_2 بیان می شود .

قلیائیت قدرت آب در برابر تغییرات PH است.

سختی کل

مجموع غلظت یون های Ca^{2+} و Mg^{2+} به ppm و بر حسب کربنات کلسیم معادل آن می باشد.

$$\text{Hardness} = 2.5(Ca^{2+}) + 4.1(Mg^{2+})$$

یون های ایجاد کننده سختی آب به ترتیب فراوانی در طبیعت

کاتیون ها	آنیون ها
Ca	HCO_3
Mg	SO_4
Sr	Cl
Fe	NO_3
Mn	SiO_2

Hardness

Classified as:

Soft (0-75 mg/L)

Moderately hard (75 – 150 mg/L)

Hard (150-300 mg/L)

Very hard (> 300 mg/L)

Recommended range: 20 to 300 mg/L $CaCO_3$

سختی آب به دو صورت موقت و دائم می باشند، سختی موقت شامل سختی بیکربنات های کلسیم و منیزیم است. که در اثر حرارت ۱۰۰– ۳۰ درجه سانیتگراد شروع و کامل می شود. سختی دائم شامل سولفاتها، کلرورها و نیتراتهای کلسیم و منیزیم می باشد. مجموع سختی موقت و دائم را سختی کل می نامند.

سختی کل

مجموع غلظت یون های Ca^{2+} **و** Mg^{2+} **به** ppm **و بر حسب کربنات کلسیم معادل آن می باشد.**

$$TH=(Ca\times CaCO_3/Ca)+(MgCaCO_3/Mg)$$

TH : **سختی کل**

$$\text{Hardness} = 2.5(Ca^{2+}) + 4.1(Mg^{2+})$$

شاخص های کیفی آب

۲– شاخص های مواد معلق در آب

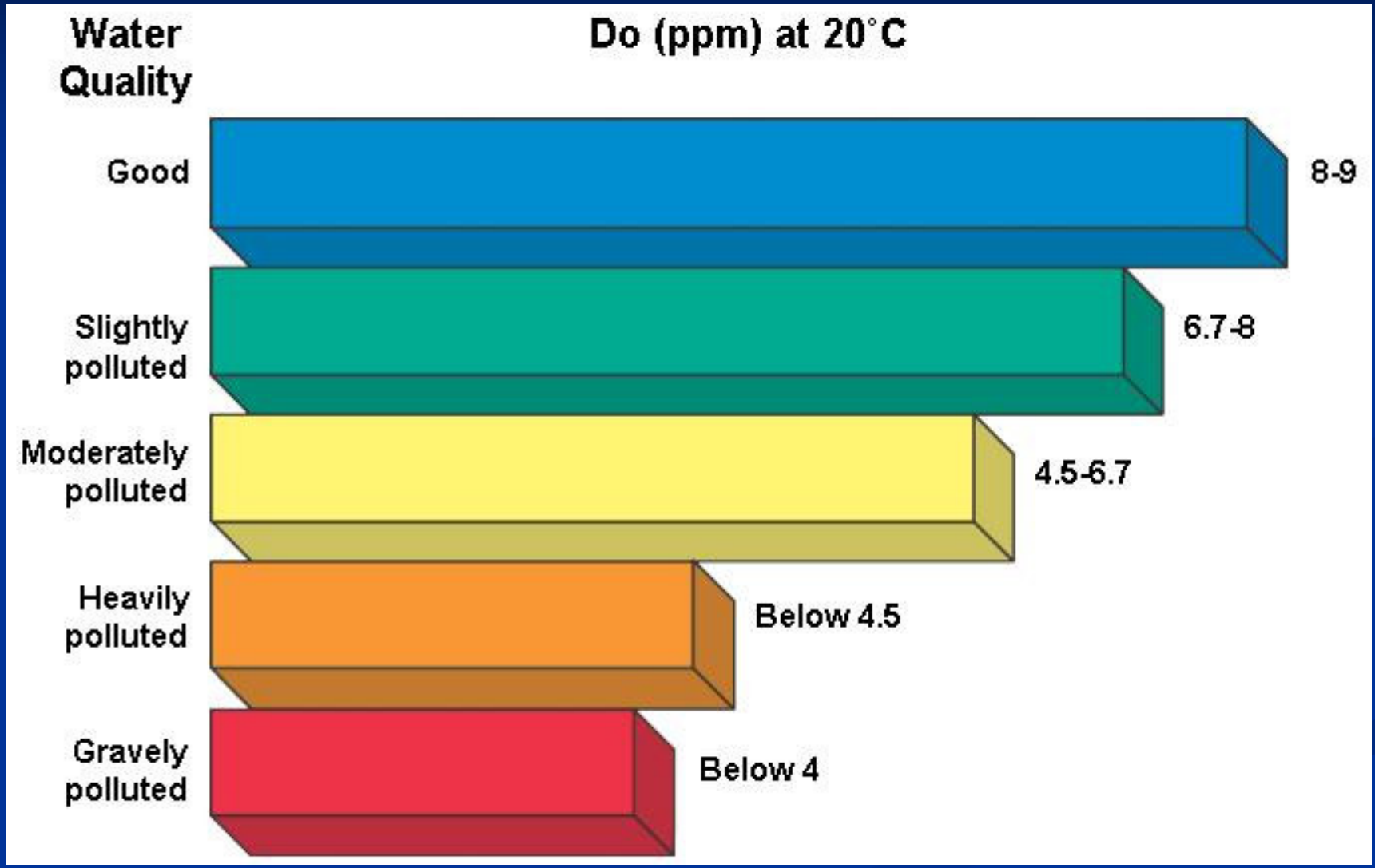
- ✓Color Unit (**CU**)
- ✓Jakson Turbidity Unit (**JTU**)
- ✓ Nephelometer Turbidity Unit (**NTU**)
- ✓Formazin Turbidity Unit (**FTU**)
- ✓Total Suspended Solids (**TSS**)

شاخص های کیفی آب

۳– شاخص های آلودگی آلی آب

- ✓Biological oxygen demand (**BOD**)
- ✓Chemical oxygen demand (**COD**)
- ✓ Dissolved oxygen (**DO**)
- ✓Total Organic Carbon (**TOC**)

Dissolved oxygen (**DO**)



عناصر موجود در آب

عناصراصلی موجود در آب های زیرزمینی

نام عنصر	گرانیت	دیاباز	محلول های گرمابی	شیل	ماسه سنگ	کربناتها
Na	۲۴۶۰۰	۱۶۰۰۰	۵۰۴۰۰	۹۶۰۰	۳۳۰۰	۴۰۰
Mg	۲۴۰۰	۳۹۹۰۰	۵۴	۱۵۰۰۰	۷۰۰۰	۴۷۰۰
Al	۷۴۳۰۰	۷۹۴۰۰	۴.۲	۸۰۰۰۰	۲۵۰۰۰	۴۲۰۰
Si	۳۳۹۶۰۰	۲۴۶۱۰۰	–	۲۷۳۰۰۰	۳۶۸۰۰	۲۴۰۰۰
P	۳۹۰	۶۱۰	–	۷۰۰	۱۷۰	–
Cl	۷۰	۲۰۰	۱۵۵۰۰	۱۸۰	۱۰	–
K	۴۵۱۰۰	۵۳۰۰	۱۷۵۰۰	۲۶۶۰۰	۱۰۷۰۰	–
Ca	۹۹۰۰	۷۸۵۰۰	۲۸۰۰۰	۲۲۱۰۰	۳۹۱۰۰	–
Mn	۱۹۵	۱۲۸۰	۱۴۰۰	۸۵۰	–	–
Fe	۱۳۷۰۰	۷۷۶۰۰	۲۲۹۰	۴۷۲۰۰	۹۸۰۰	–
F	۷۰۰	۲۵۰	۱۵	۷۴۰	۲۷۰	۳۳۰
N	۵۹	۵۲	–	–	–	–
Ba	۱۲۲۰	۱۶۰	–	۵۸۰	–	۱۰

ppm

کلسیم (Ca):

فراوانی کلسیم عمدتاً در کربنات (302_{ppm})، ماسه سنگها (39_{ppm})، سنگهای آذرین (36_{ppm}) و شیل ها (22_{ppm}) وجود دارد. در آبهای زیرزمینی کلسیم یکی از کاتیون های اصلی آب های زیرزمینی است.

منابع تامین کننده Caدر آب عموماً از سنگ های رسوبی نظیر سنگ آهک ، دولومیت ،گچ ، ماسه سنگ و دیگر سنگ های آواری می باشد.سنگ های آذرین نظیر سیلیکات ها ، پیروکسن ها ،آمفیبول ها و فلدسپات ها نیز تولیدکننده Caو حمل به درون آب هستند ولی با توجه به انحلال کمتر این سنگها و فراوانی کمترشان نسبت به سنگهای رسوبی سهم کمی در تولید Ca موجود در آب دارند.

منیزیم (Mg) :

منیزیم موجود در آبهای زیرزمینی حاصل سنگ های آذرین مثل اولیوین ها (دونیت) ،آمفیبولیت ها، سنگهای دگرگونی و همچنین سنگهای رسوبی نظیر دولومیتها می باشد. در تجزیه انواع سنگها بیشترین فراوانی در سنگهای کربناته می باشد.اکثر آبهای زیرزمینی دارای مقادیر کمی از Mg است فقط در حالتی که آب در تماس سازندهای دولومیتی و یا سنگهای غنی از Mg باشد، غلظت یون منیزیم در آب قابل ملاحظه خواهد بود.

سدیم(Na) :

سدیم عمدتا در سنگهای آذرین حاوی فلدسپات ،کانیهای رسی، شیلها و سنگهای دگرگونی شیستی و تبخیریها وجود دارد. هریک از سنگهای مذکور به نحوی در تماس با آب های زیرزمینی قرارگیرندخواهد بود تا غلظت عنصر سدیم را در آب افزایش دهند. همچنین آبهای محبوس شور و یا آبهای دارای منشا دریایی شورآبها دارای مقادیر قابل توجهی سدیم هستند.

پتاسیم (K) :

درمقایسه با بقیه عناصر غلظت یون پتاسیم در آب زیرزمینی کم است.منشا پتاسیم عمدتا سنگهای رسوبی نظیر ماسه سنگها، شیلها و سنگهای آذرین است.

سیلیس(Si):

در اکثر سنگها عنصر وجود دارد.بالاترین غلظت Si در آبهای زیرزمینی در تماس با سنگهای ولکانیکی است.در اکثر آبهای زیرزمینی غلظت این یون حد ۲۰mg/l است.گرانیتها، دیابازها ،سنگهای شیلی و ماسه سنگها منشا مهمی برای افزایش غلظت سیلسیس در آبهای زیرزمینی اند.

سولفات(So۴) :

سولفاتها در آبهای زیرزمینی از اکسیداسیون پیریت و سایر سولفیدها بدست می آید.ژیپس و انهیدریت و سولفات سدیم از دسته منابع سنگهای رسوبی سولفاتها هستند.غلظت بالای سولفات مزه آب را تلخ می کند.سولفاتهای سدیم منیزیم و پتاسیم به آسانی در آب محلولند.

آهن (Fe) :

آهن در آبهای زیرزمینی به صورت محلول Fe^{2+} مشاهده می شود.تغییرات غلظت آهن بین ۱ تا ۱۰ میلی گرم در لیتر است. وقتی Fe^{2+} در معرض هوا قرارمی گیرد اکسید شده و تولید Fe^{3+} می کند و نامحلول بوده و بصورت هیدروکسید فریک رسوب می کند و باعث رنگ قهوه ای آب می شود.منشا آهن در آب می تواند حاوی آمفیبولها ،پیروکسنها ،بیوتیتها ،منیتیتها و الیوینها باشد.در سنگهای رسوبی نظیر شیلها (۴۷۲۰۰ppm)، ماسه سنگها (۹۸۰۰ppm) و کربناتها(۳۸۰۰ppm) گزارش شده است.

فعالیت باکتریها در غلظت آهن آب زیرزمینی نقش دارد.

منگنز(Mn) :

درکانیهای بیوتیت و هورنبلند منگنز به فراوانی وجود دارد و منشا تولید سنگهای آذرین در آبهای زیرزمینی است. در سنگهای رسوبی شامل شیلها و ماسه سنگها اکسیدهای منگنز و هیدروکسیدهای آن منشا تولید mnدر آبهای زیرزمینی خواهد بود. یونهای دوظرفیتی Mn^{2+} در آب محلول بوده و با غلظت کمتر از Fe^{2+} وجود دارد.وقتی Mn^{2+} در معرض اکسیداسیون قرارگیرد به اکسیدهای هیدروته تبدیل شده و ایجاد لکه های سیاه در لوله های آب و البسه می کند.غلظت حداکثر Mn^{2+} در آب شرب ۰/۰۵ mg/l است.

کربنات و بی کربنات:

گاز Co_2 اتمسفر ، مقادیر تولید شده توسط جانوران، سنگهای کربناته و تبخیری ها منشا تولید کربنات(CO_3) و بی کربنات(HCO_3) در آبهای زیرزمینی است. غلظت کربنات در آبهای زیرزمینی معمولاً کمتراز ۱۰ mg/l می باشد.

کلر (Cl):

منشا یون کلر در آبهای زیرزمینی تماس آب با سازندهای سنگ های تبخیری ،کربنات ها و شیل ها است.سنگ های آذرین سهم کمتری در تولید کلر دارند.آبهای محبوس و آبهای شور دریاها می توانند به غلظت کلر در آبهای زیرزمینی بیافزاید. غلظت کلر در آبهای آشامیدنی کمتر از ۲۵۰ میلیگرم برلیتر است.غلظت بالای کلر در آب موجب مسمومیت گیاهان می شود.(جدول) مقدار یون کلر مرز بین آب شور و شیرین است.

واحدهای اندازه گیری و نمایش شاخص های کیفی آب

واحد های اندازه گیری

غلظت عناصر یا یون های محلول درآب را معمولاً بر حسب میلی گرم در لیتر یا بر حسب وزن به صورت قسمت در میلیون (ppm) بیان می کنند .

part per million

$$\frac{\text{mol}}{\text{L}} \times \text{formula weight}\left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right) \times \frac{1000\ \text{mg}}{\text{g}} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$60\ \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{mol}}{96.06\ \text{g}} \times \frac{\text{g}}{1000\ \text{mg}} = 6.25 \times 10^{-4}\ \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg solute}}{10^6\ \text{mg solution}} = \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \approx \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$\frac{\text{eq}}{\text{L}} = \frac{1000\ \text{meq}}{\text{L}}$$

نمودارهای شیمی آب

۱- نمودار مستطیلی یا ستونی

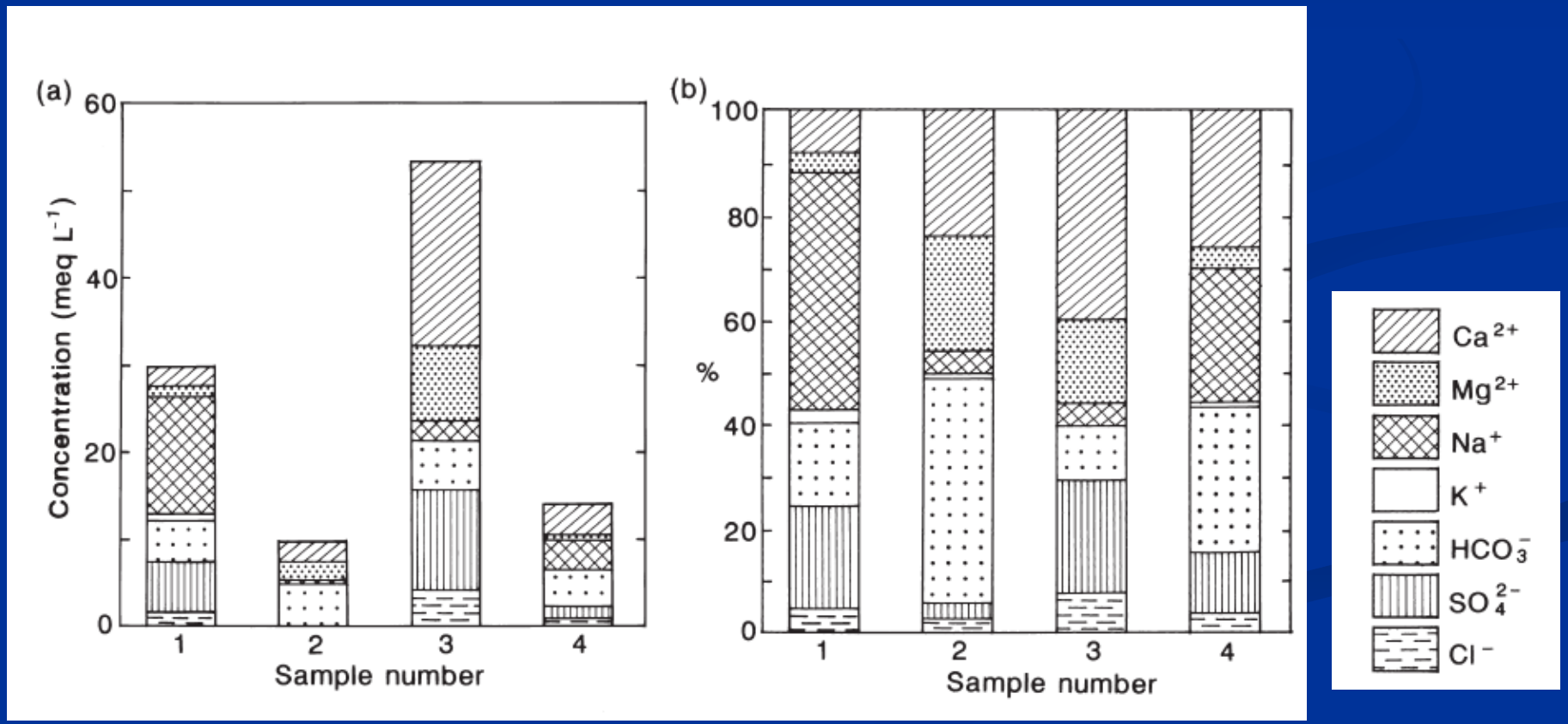
۲- نموداراستیف (stiff)

۳- نمودارپی پر (piper)

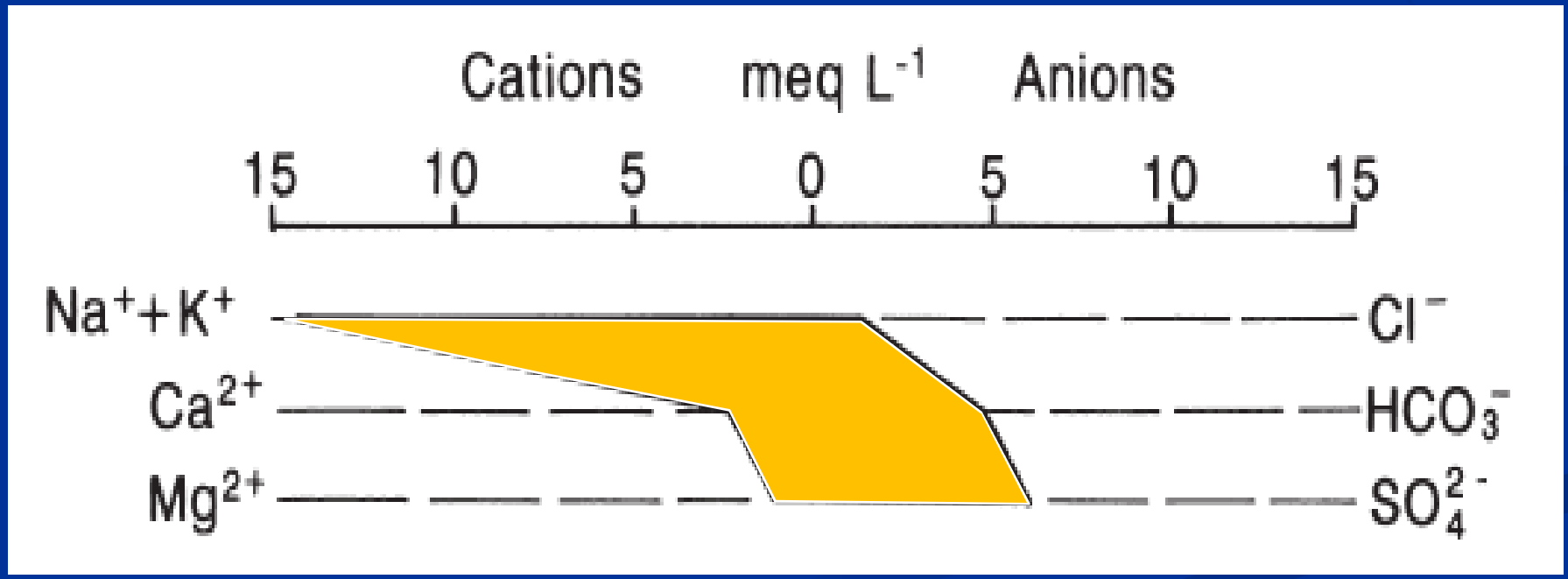
٤-نمودار لگاریتمی شولر

٥-نمودار دایره ای یا pie

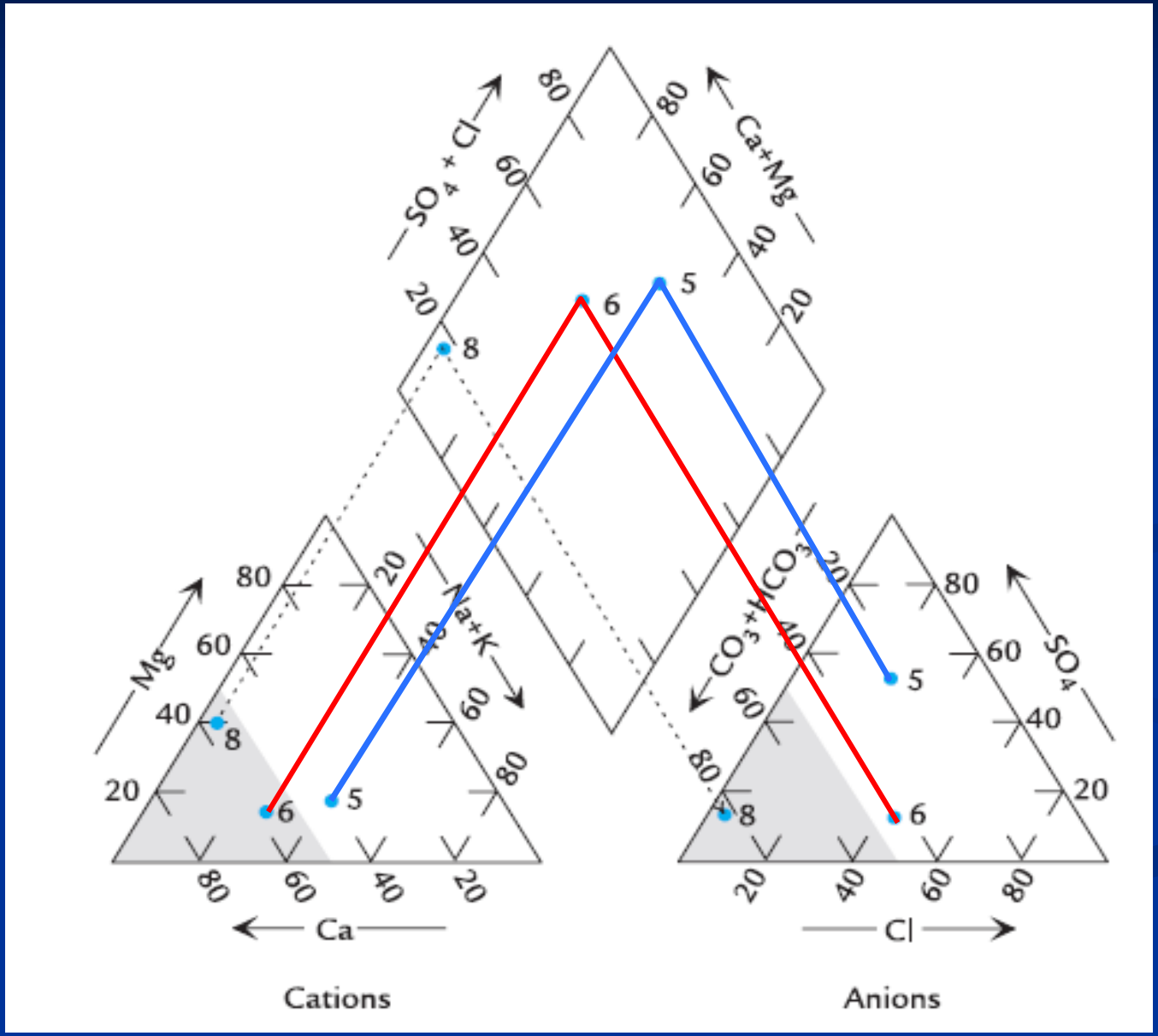
نمودار مستطیلی یا ستونی یا میله ای



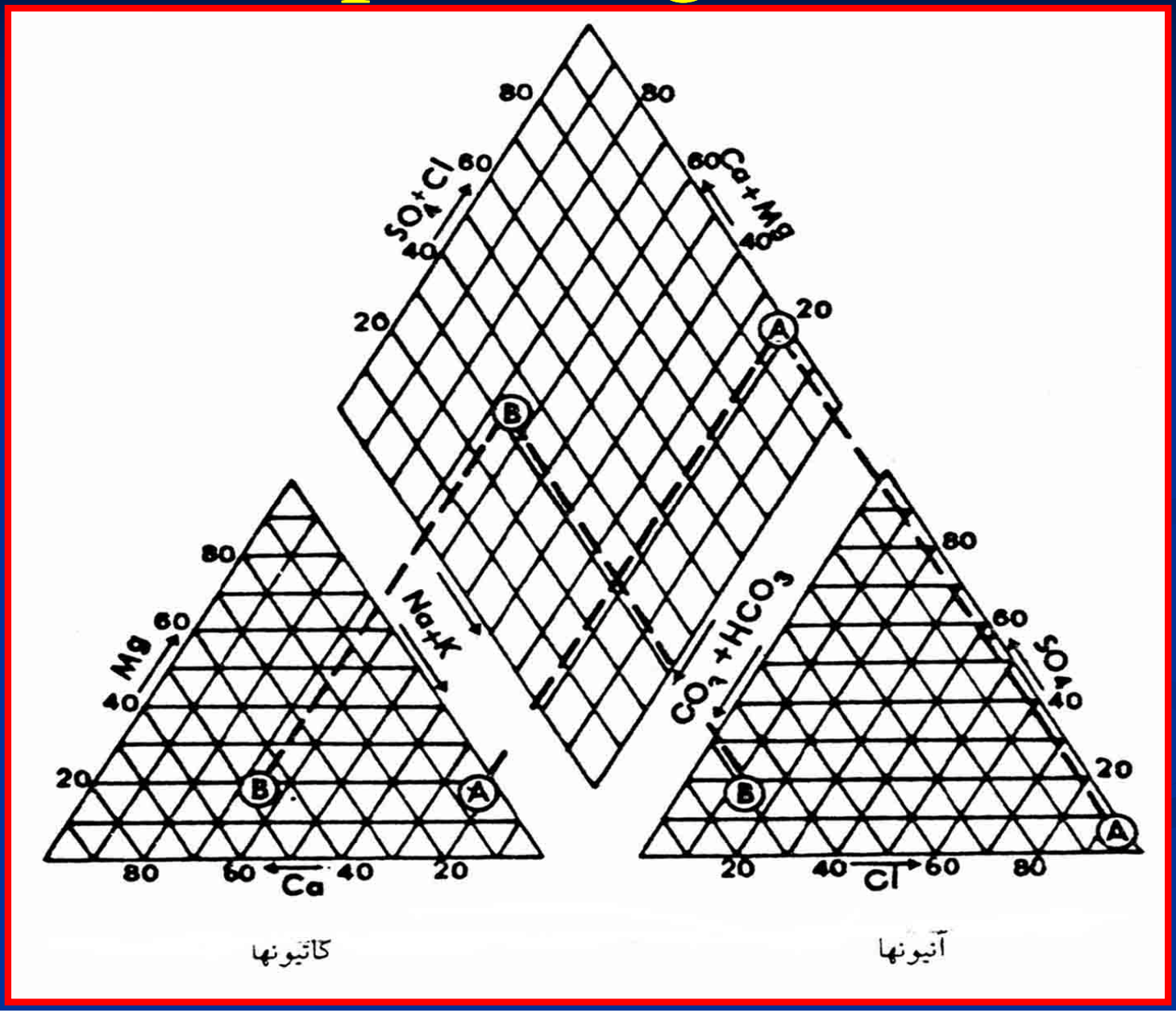
Stiff diagrams



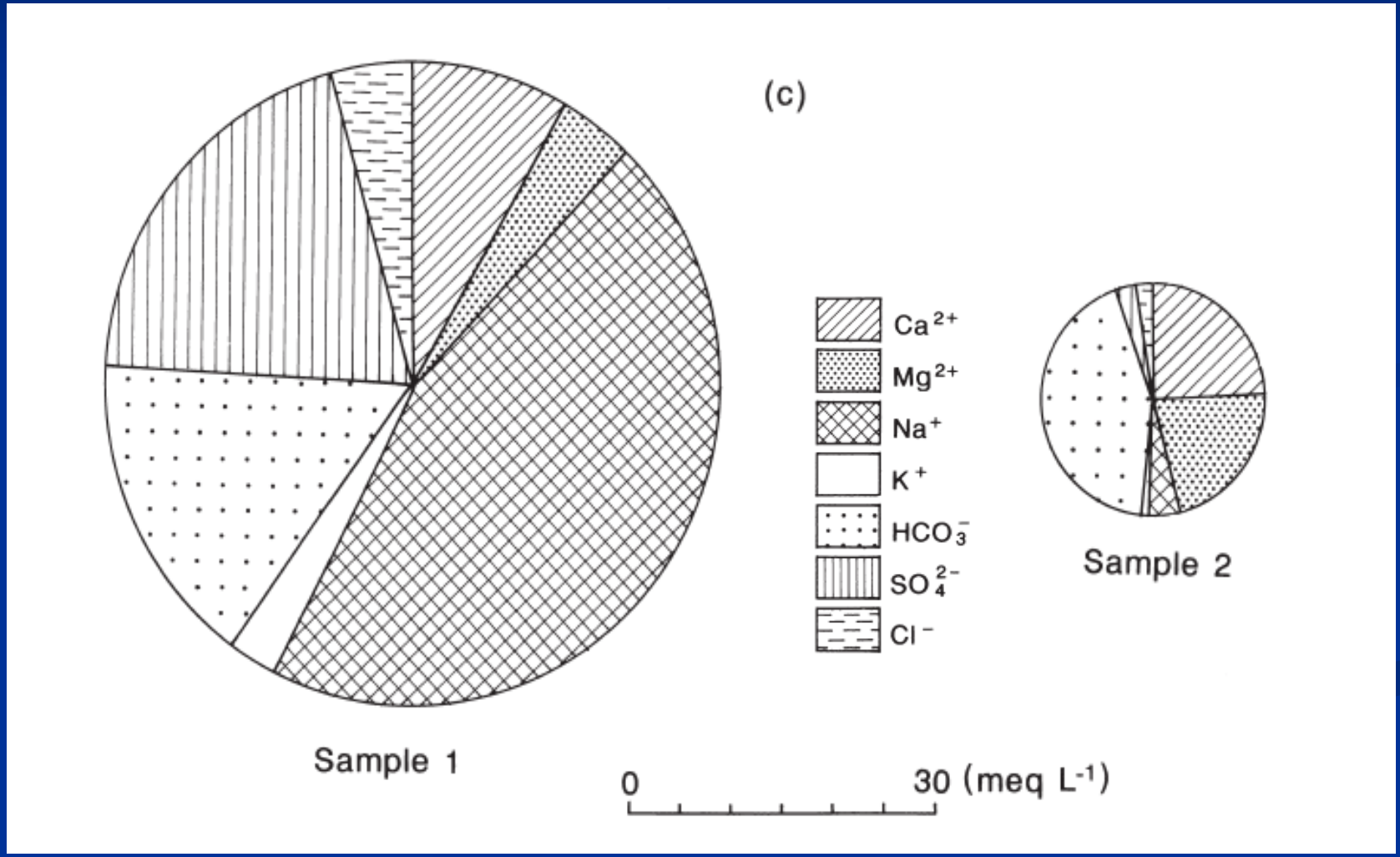
Piper diagrams



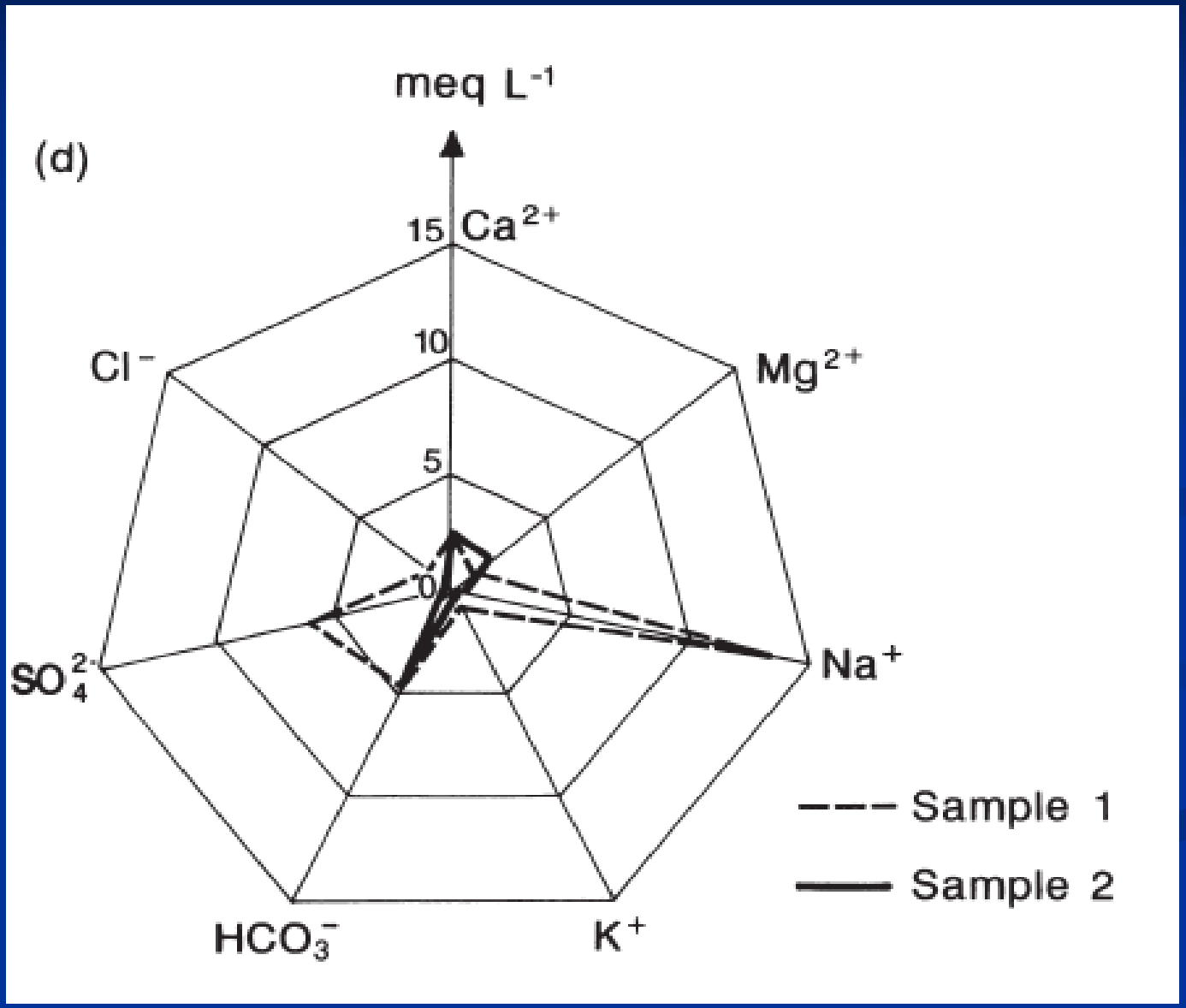
Piper diagrams



Pie diagrams



Radar diagrams



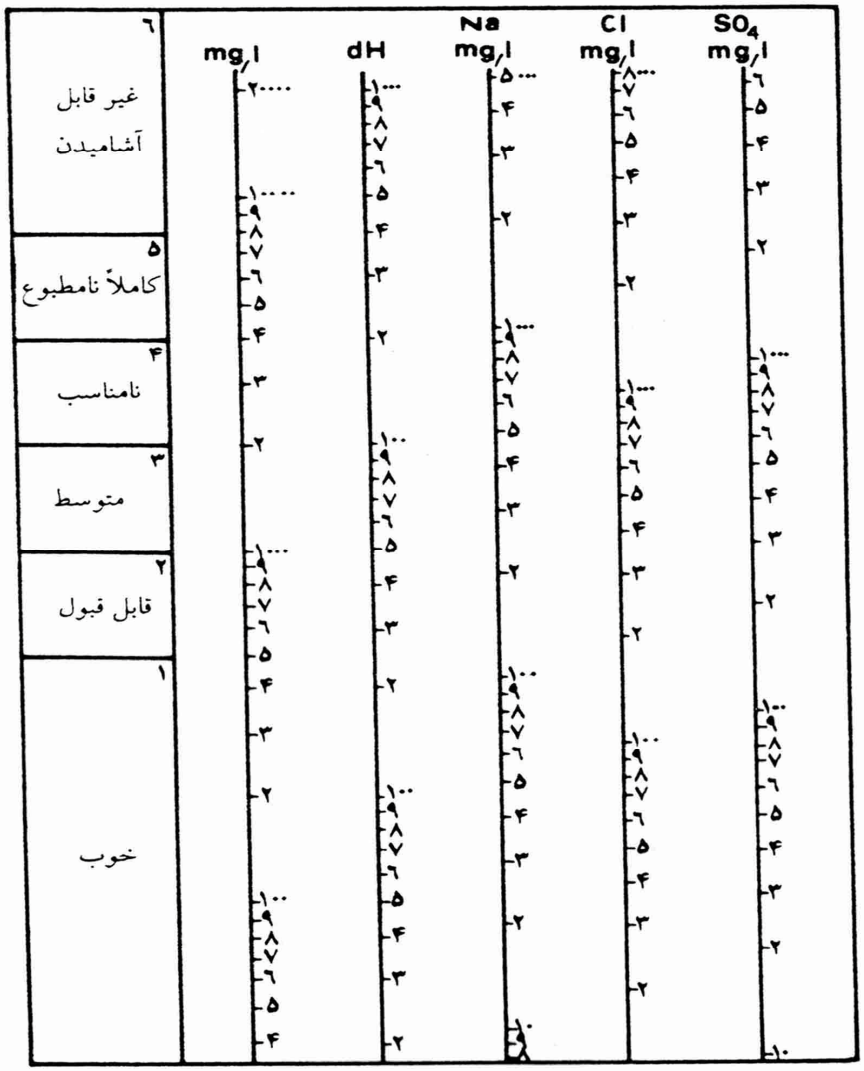
طبقه بندی و معیارهای کیفیت آب

طبقه بندی و معیارهای کیفیت آب

مناسب بودن آب برای یک هدف معین، بستگی به معیارهایی دارد که برای کیفیت آب تعیین می شود.

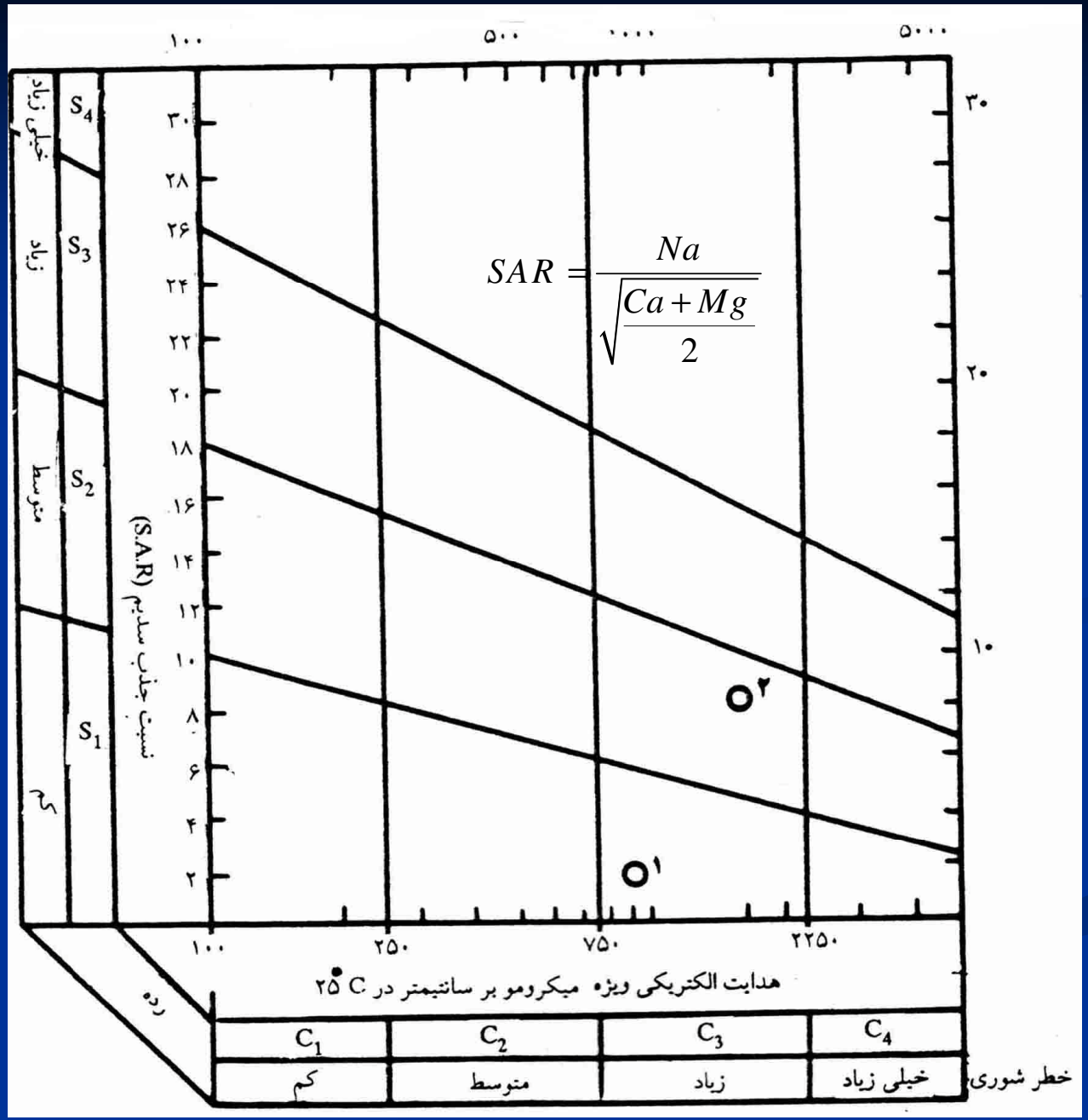
برای مقاصد آشامیدن ،کشاورزی و صنعت استانداردهای مختلفی وجود دارد.

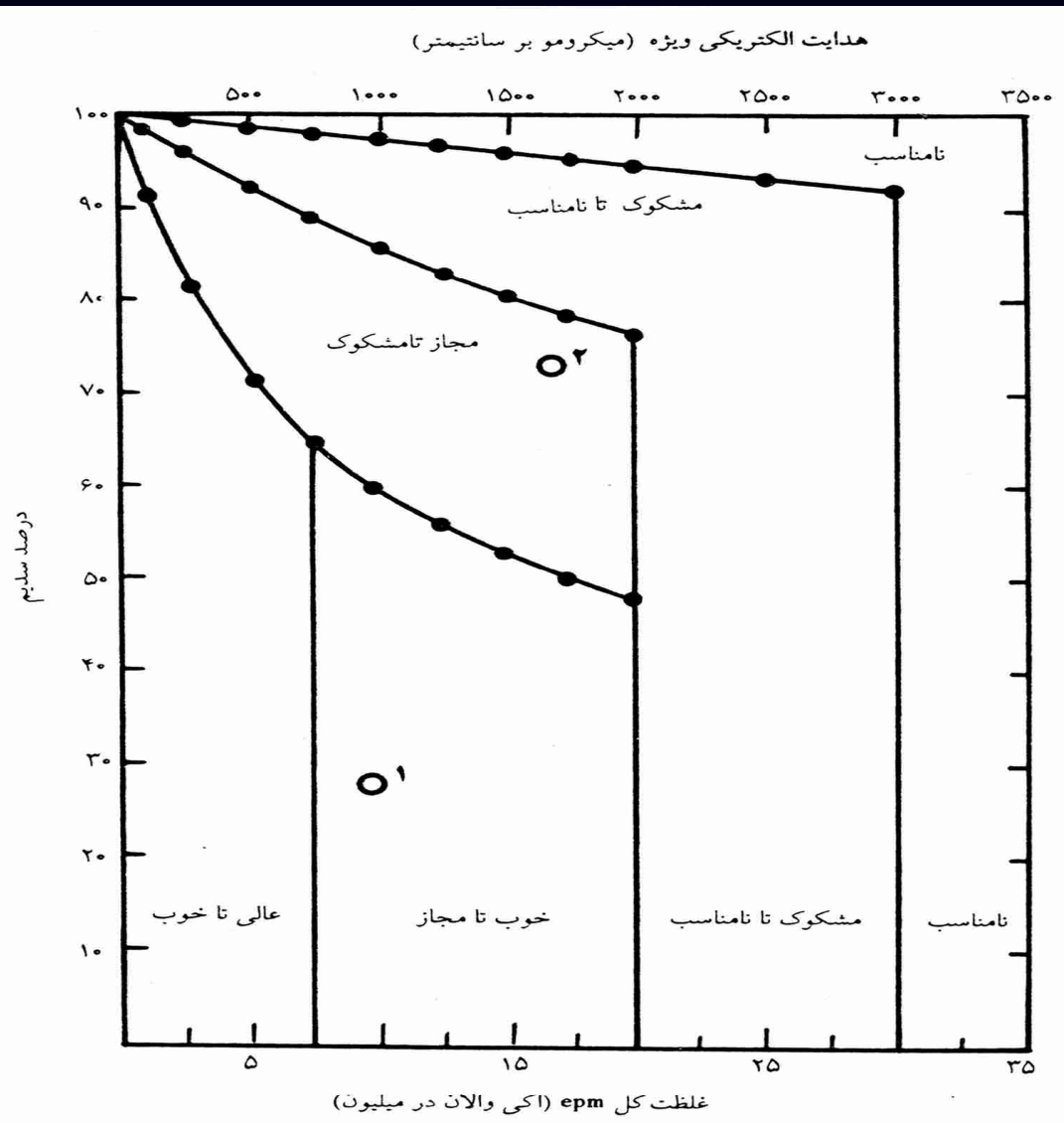
نمودار لگاریتمی شولر



شکل ۶-۶- نمودار لگاریتمی تقسیم‌بندی آب از نظر آشامیدن (نمودار شولر) تقسیمات dH (سختی) در این نمودار برحسب درجه سختی فرانسوی (۱۰ میلی‌گرم در لیتر کربنات کلسیم) است.

نمودار اصلاح شده ویلکوکس برای مصارف کشاورزی





ب

شکل ۶-۷ نمودارهای طبقه‌بندی آب مورد استفاده در آبیاری. الف - نمودار اصلاح شده «ویلکوکس» Wilcox، ب - نمودار ویلکوکس

آلودگی آب

آلودگی آب زیرزمینی

تعریف آلودگی آب :

به بروز تغییرات نا مطلوب کیفیت یا خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بیولوژی آب که سبب تهدید حیات است ، اطلاق میشود

Water Pollution

Physical or chemical change in water that adversely affects the health of humans or other organisms

Water contamination

A concentration that is greater than allowed

آلودگی منابع آب

Contamination / Pollution Of Water Resources

آلودگی Pollution = انحراف از پاکیزگی

ناخالصی Contamination = انحراف از غلظت مجاز

کثیفی

موادمضر

به طور میانگین روزانه ۱۴۰۰۰ نفر در اثر مصرف آب آلوده می میرند.

تعریف آلودگی

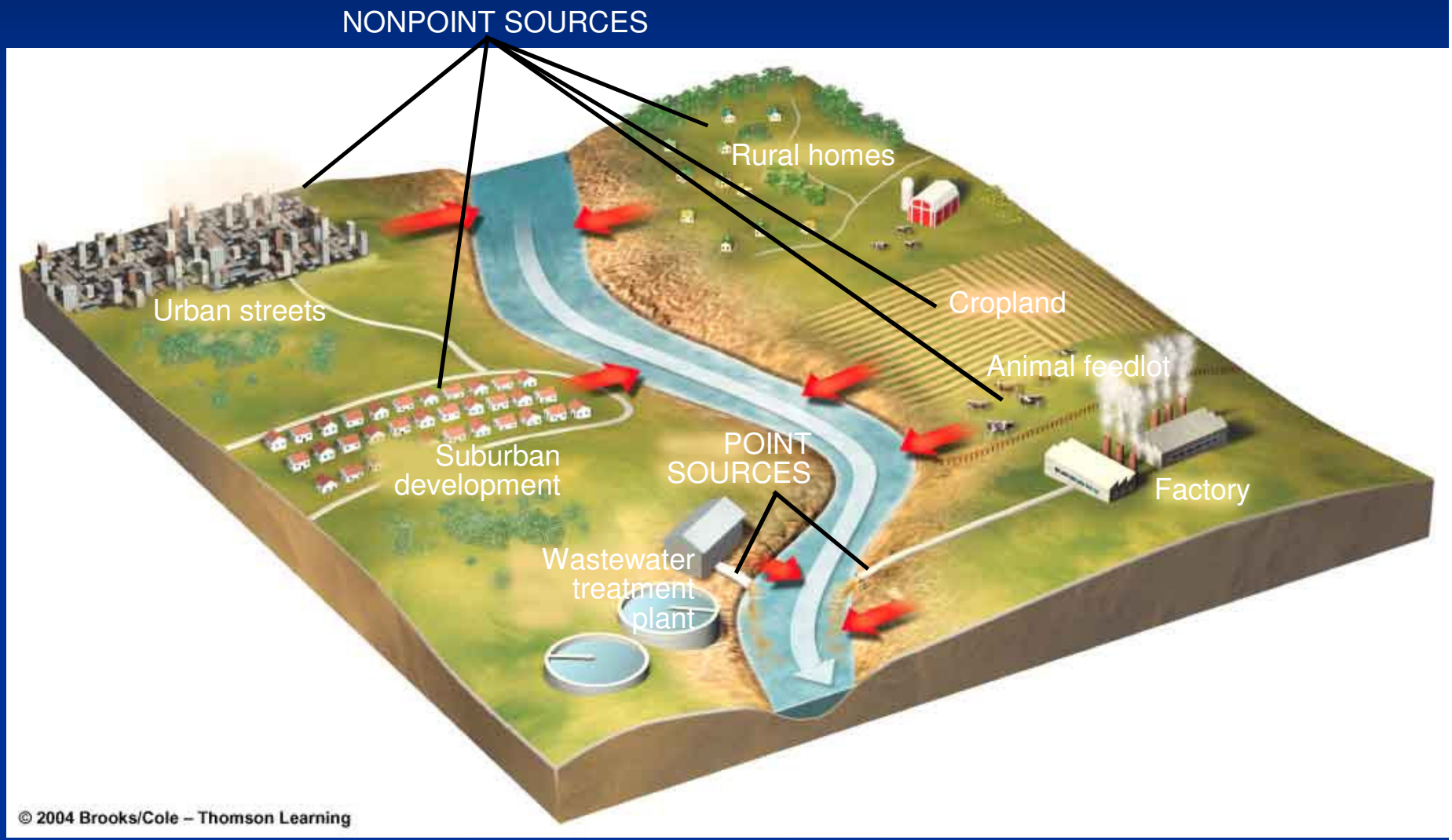
هر گونه تغییر در ویژگی های هوا، خاک، آب و مواد غذایی که اثر نامطلوب بر سلامت محیط زیست، فعالیت های بشریو سایر جانداران داشته باشد، آلودگی نام دارد (Miller,1969).

تعریف آلودگی

وجود هر نوع ماده ای از قبیل گازها، ذرات معلق مواد شیمیایی یا بیولوژیکی در آب به مدت، شدت و حالتی که تاثیر نامطلوب بر سلامت موجودات زنده بگذارد، آلودگی نام دارد (WHO,1991).

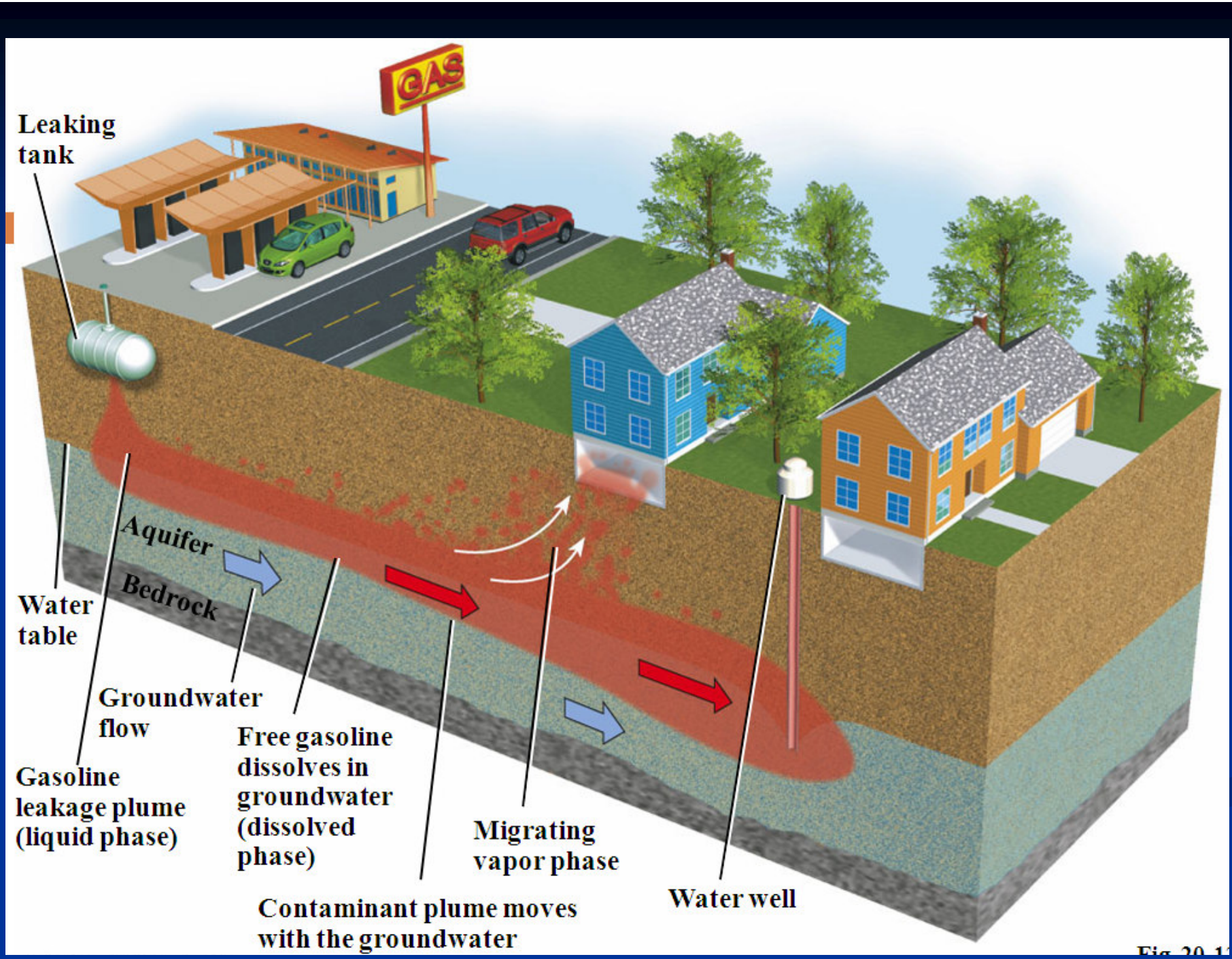
World Health Organization

Point and Nonpoint Sources



Sources of Water Pollution

1. Municipal sources
2. Industrial sources
3. Agricultural sources
4. Others sources


GAS
Leaking tank
Aquifer
Bedrock
Water table
Groundwater flow
Gasoline leakage plume (liquid phase)
Free gasoline dissolves in groundwater (dissolved phase)
Contaminant plume moves with the groundwater
Migrating vapor phase
Water well

منابع نقطه ای آلودگی آب

1. چاههای سپتیک
2. لندفیل ها
3. نشت از خطوط لوله
4. محل های ساخت مواد شیمیایی
5. پالایشگاهها
6. ماده معدنی

منابع غیرنقطه ای آلودگی آب

1. فعالیت های کشورزی
2. بافت شهرها و آبادی ها
3. آلودگی هوا و خاک
4. آلودگی مناطق معدنی

Municipal sources

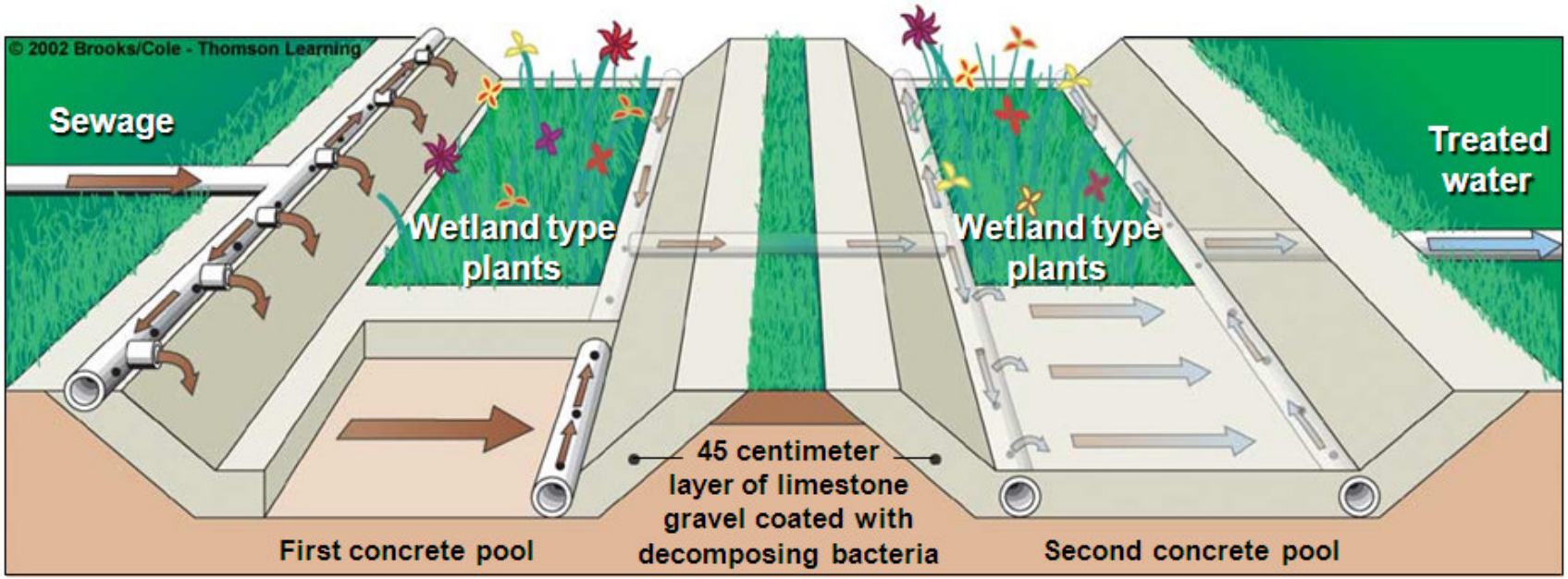
1. نشت فاضلاب
2. پسماندهای مایع
3. پسماند جامد (لندفیل)

Industrial sources

1. نشت از تاک و خطوط لوله
2. پسماندهای مایع
3. فعالیت های معدن کاری
4. شورابه های نفتی صحرایی

Agricultural sources

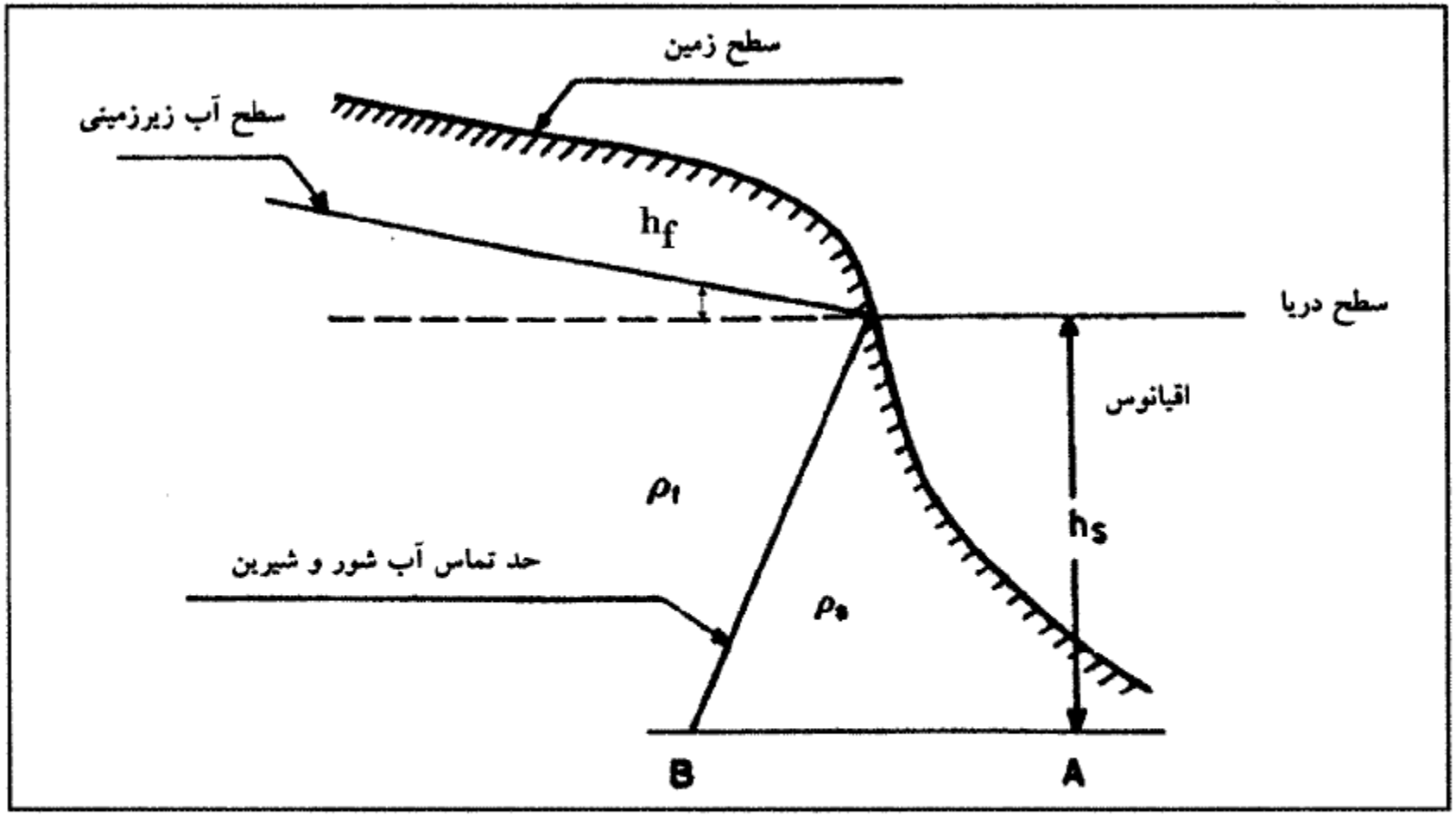
1. جریان برگشتی کشاورزی
2. پسماندهای حیوانی
3. کودها و مکمل های خاک
4. آفت کش ها، حشره کشها و علف کش ها


© 2002 Brooks/Cole - Thomson Learning
Sewage
Wetland type plants
Wetland type plants
Treated water
45 centimeter layer of limestone gravel coated with decomposing bacteria
First concrete pool
Second concrete pool

Others sources

1. توسعه شهری
2. تخلیه های سطحی و عمقی
3. انبارها
4. سپتیک ها
5. آب کردن یخ جاده ها
6. هجوم آب شور
7. تبادل به چاها
8. آب سطحی القایی

منابع آلاینده طبیعی: آتشفشان‌ها، سازندهای زمین‌شناسی، چشمه‌های آب گرم و گوگردی و مخازن هیدروکربوری مهم‌ترین منابع آلاینده طبیعی آب‌های زیرزمینی می‌باشند. آتشفشان‌ها و چشمه‌های آب گرم و گوگردی اغلب در مناطق آتشفشانی مانند کوه‌های سبلان و سهند در استان‌های آذربایجان و اردبیل، تفتان در استان سیستان و بلوچستان، محلات در استان مرکزی، دماوند در استان تهران واقع شده‌اند. افزایش فعالیت یا هرگونه تغییر در فعالیت‌های آتشفشانی (درون زمینی) می‌تواند موجب تغییر درجه حرارت آب‌های زیرزمینی مرتبط با این منابع و در نتیجه تغییر مواد محلول (ترکیبات گوگردی، فلزات سنگین و غیره) در آب‌های زیرزمینی شود. هم‌چنین در برخی مناطق کشور آب‌های گرم و معدنی وجود دارند که این موضوع به دلیل وجود کانسارهای خاص در سازندهای در برگیرنده آب زیرزمینی می‌باشد. وجود برخی مواد در این چشمه‌ها موجب محدودیت کاربرد آب برای کاربری‌های شرب، کشاورزی یا صنعت می‌شود. این مشکل در مناطقی از استان‌های زنجان و کرمان مشاهده شده است.



شکل ۱- حد تماس آب شور و شیرین در سفره‌های ساحلی براساس نظریه گیبن - هرزبرگ

فشار هیدرواستاتیک در نقطه A برابر است :

$$P_A = \rho_s g h_s$$

که در آن :

ρ_s = چگالی آب شور

h_s = ارتفاع نقطه A تا سطح آب دریا

g = شتاب ثقل

به همین ترتیب فشار هیدرواستاتیک در نقطه Bکه همان عمق نقطه A را دارد برابر است با :

$$P_B = \rho_f g h_f + \rho_f g h_s$$

که در آن :

ρ_f = چگالی آب شیرین

g = شتاب ثقل

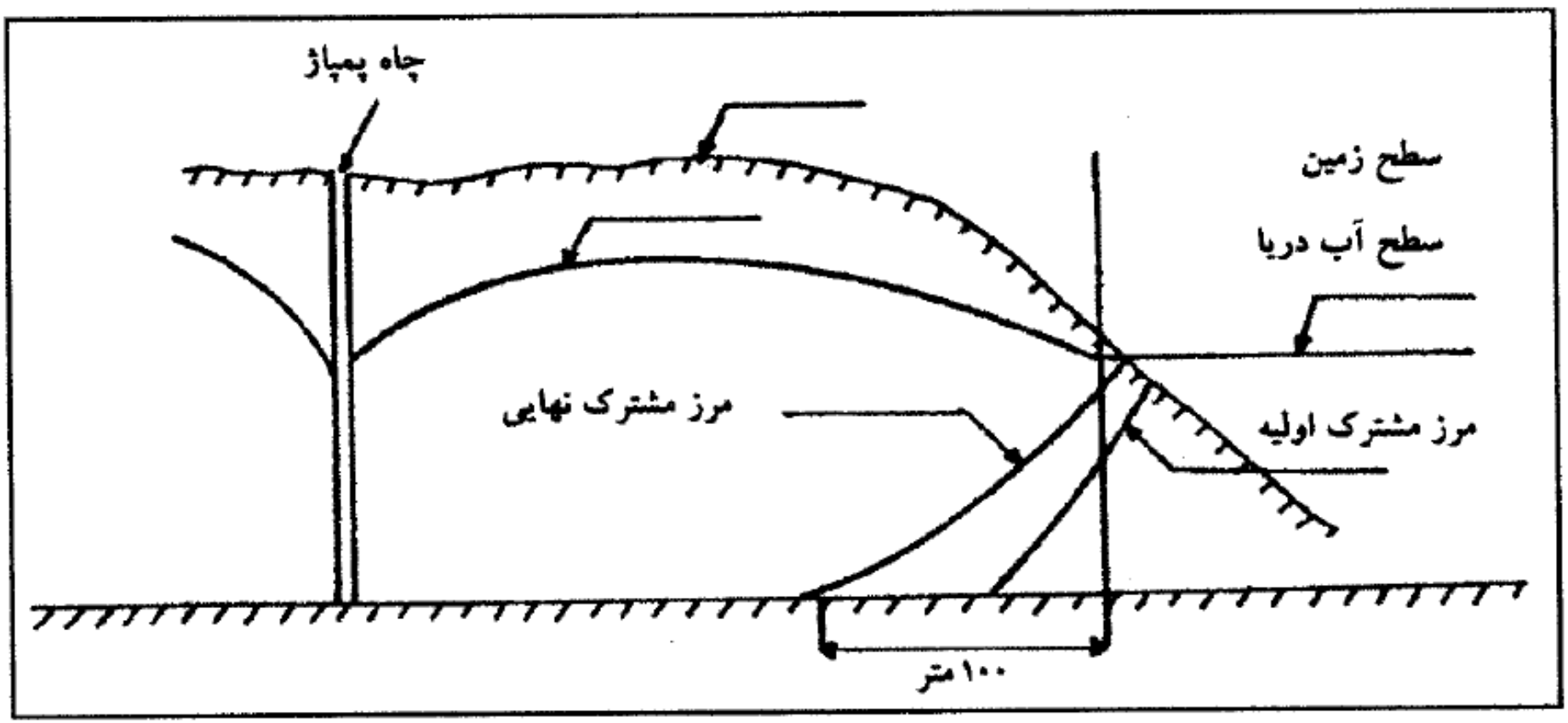
h_f = ارتفاع آب شیرین موجود درلایه آبدار بالای سطح دریا

اکنون اگر دو معادله فوق را مساوی قرار دهیم رابطه گیبن – هرزبرگ بدست می‌آید که عبارتست از :

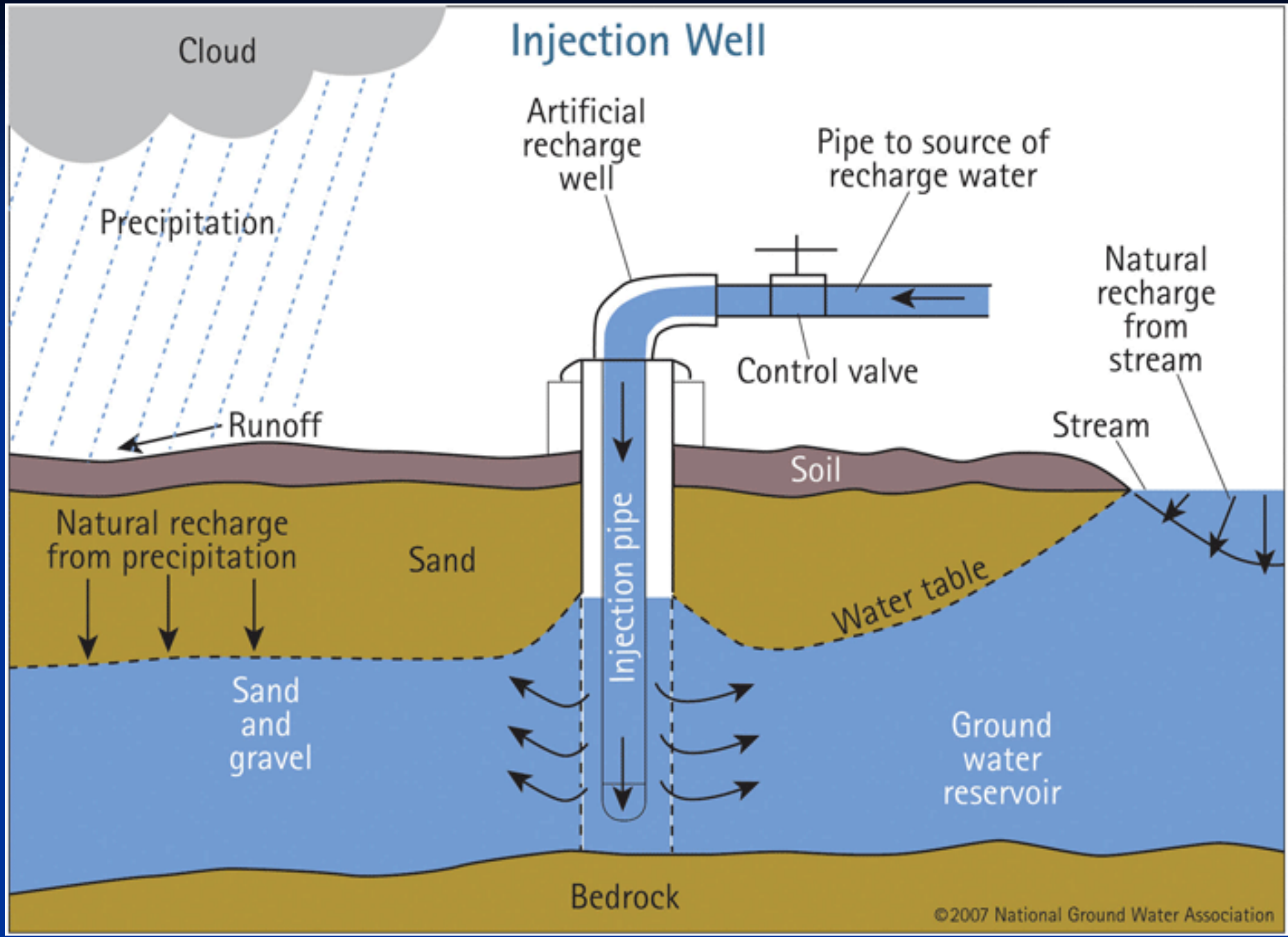
$$h_s = \frac{\rho_f}{\rho_s - \rho_f} h_f$$

در رابطه فوق اگر چگالی آب شور برابر ۱/۰۲۵ گرم بر سانتی متر مکعب و چگالی آب شیرین برابر یک گرم بر سانتی‌متر مکعب باشد معادله زیر بدست می‌آید :

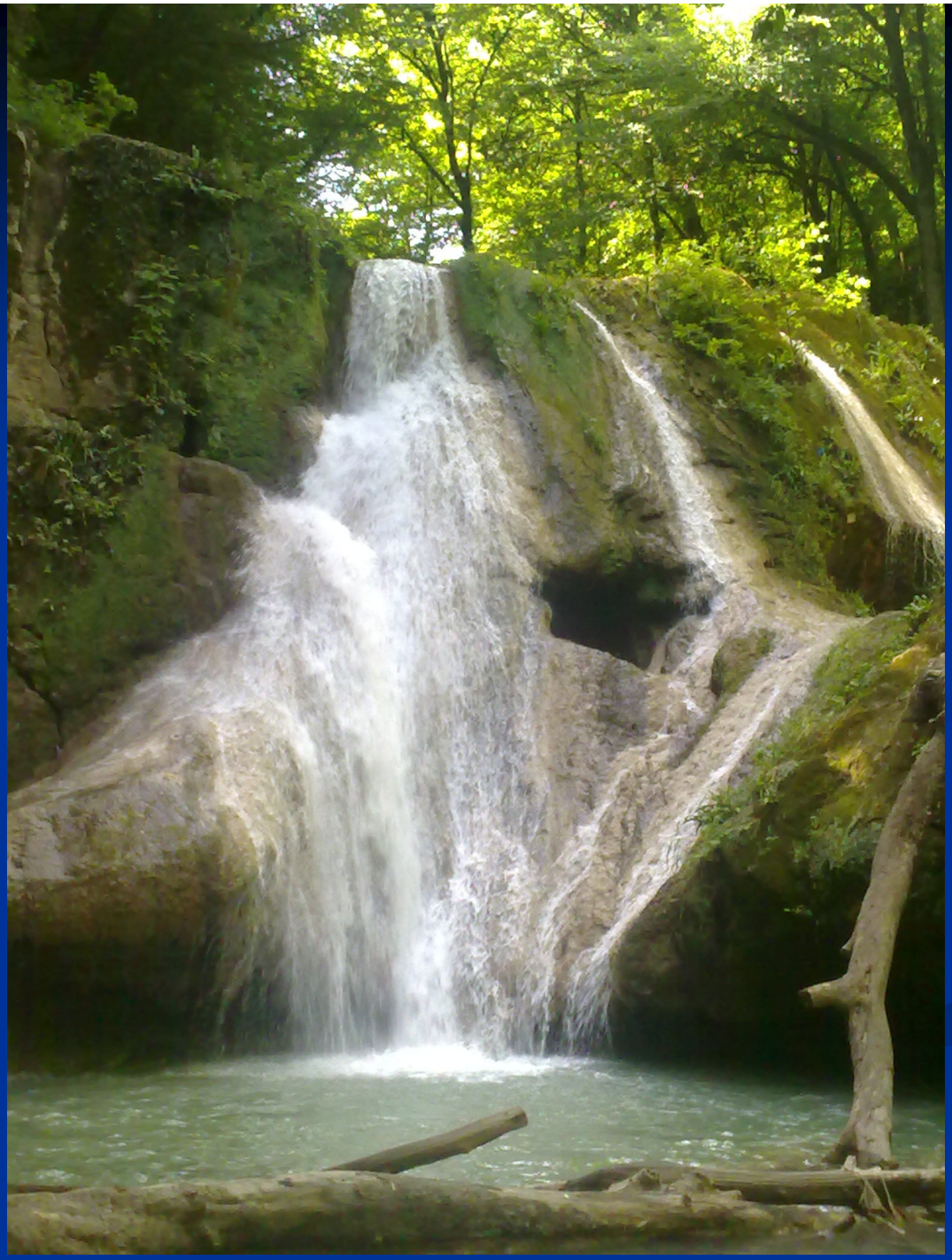
$$h_s = ۴۰ h_f$$



شکل ۸- جابجایی حد آب شور و شیرین ناشی از پمپاژ


Injection Well
Cloud
Precipitation
Runoff
Artificial recharge well
Pipe to source of recharge water
Control valve
Natural recharge from stream
Stream
Soil
Natural recharge from precipitation
Sand
Injection pipe
Water table
Sand and gravel
Ground water reservoir
Bedrock
©2007 National Ground Water Association

آبشار لوه – استان گلستان – تابستان ۱۳۸۹



پایان