밭 관개시설과 용수원 개발

노 건 길
(농어촌진흥공사 시설영농처장)

1. 머릿말

우리나라의 농업은 오래 전부터 미작 중심의 농업으로 미곡생산이 가장 중요한 위치를 점하여 왔다. 전작의 경우는 일부 특수한 지역을 제외하고는 콩-보리 생산과 주곡에 부수적인 역할을 하는 양념이나 김장채소 등을 자급하기 위한 채마전적인 역할에 불과하여 밭 개발에 대한 중요성은 크게 인식되지 않았다. 이러한 역사적 배경에 따라 밭에 대한 생산성 향상, 영농 방법 개선 등에 대한 노력은 미약하였고, 현대적인 농업개발사업에서도 밭은 거의 제외되었다.

우리나라의 밭기반 정비사업의 역사는 1973년 시범 사업으로 처음 시작한 북제주군 조천면의 신촌지구 121ha의 밭 경지정리 사업이 근세적 의미의 밭기반정비의 효시라고 볼 수 있으며 그후 매년 1~2지구씩 미미한 수준으로 밭 경지 정리와 밭용수 개발이 시행되어 왔으나, 당시까지도 우리나라의 사회적 여건상 밭농사보다는 논농사를 선호하여 밭경지정리가 이루어지고 용수개발이 되면 답작으로 전환하는 사례가 속출하여 밭기반 정비 사업은 성공하기가 어려웠다.

반면에 밭개발은 개간사업 위주로 전개되었으며, 정부지원사업으로 개간사업이 추진되기는 1957년도 부터이다. 1962년 개간촉진법이 제정되면서 美 PL 480-Ⅱ에 의한 지원 양곡사업으로 개간사업이 대대적으로 추진되었고, 1967년에는 농경지 조성법으로 법을 바꾸어 추진하였으나 소규모 산발적인 민간주도의 지방자치단체 사업이었다. 1972년에는 4개 콩단지를 80ha 규모 이상의 대단위로 정부가 주도하여 시작하였고, 1975년 농지확대개발촉진법이 제정되어 개간사업이 규모화되고 설계 공감등이 실시되는 현대적인 기술 접근방법이 시도되었다.

그당시 주요관점은 토양유실등에 의한 문제점이 크게 대두되어 토양보전적 개간방법과 조기 숙전을 위한 원지형개간, 계단식 개간등의 개간공법은 확립되었으나 농로나 용수개발은 크게 부각되지 못하였다.

그후 1979년부터 도회지 인근을 중심으로 채소주산단지의 용수개발사업이 시작 되었고 이듬해인 1980년부터는 원예주산단지 용수개발사업으로 개칭 되어 추진되었으나, 농산물 가격의 불안정과 지방자치단체의 소극성 때문에 사업자체가 소멸되고 말았다. 그 간의 실적으로 밭 경지정리 면적은 358ha에 불과하고 밭의 용수개발 면적은 약 30,000ha정도 되었다.

1993년부터 농어촌발전 특별조치법과 농어촌 용수개발 10개년 계획을 바탕으로 밭기반 정비사업을 새롭게 추진하게 되었고 1994년도 부터는 정부 예산에 661억원이 반영되고 용수개발, 농로, 배수로, 경지정비 등 종합적인 밭개발사업이 추진되면서 밭에서 용수개발 개념이 확고히 정착되고 있다고 볼수 있다.

2. 밭기반 정비사업

밭기반 정비사업의 1차 대상 면적은 1993년말 기준 총 밭면적 756,491ha중 '93년도 행정 조사하여 집계한 진흥지역내 밭 148,424ha의 38%인 56,000ha와 진흥지역외 밭 608,067ha의 9%인 54,000ha를 합하여 총 110천ha를 개발 대상 면적으로 정하여 1994년부터 2007년까지 2조4천여억원을 투입하여 개발하는 것으로 되어 있다.

밭기반 정비대상 면적 110천ha에 대한 기반 정비를 위하여 '94년 계획면적 3,000ha에 대한 사업비 661억원을 투입 191지구 3,288ha를 시행하였고, '95년에는 계획면적 2,500ha의 사업비 550억원으로 실시설계된 168지구 2,807ha를 시행하였다. 2개년간 주요공종별 실적은 진입도로 100.5km 단지내도로 258,2km로서 ha당 평균 59m이며, 관정은 644공으로 지구당 1.8공, 공당평균 몽리면적은 9.5ha이다. 용수로와 배수로는 700.4km와 245.2km로서 ha당 평균 115m와 40m로 나타나 있다. 영농기계화와 시설단지화 계획을 위하여 꼭 필요한 경지정리는 391.9ha로서 전체 시행면적의 6.4%로서 상당히 낮은 수준이나 밭기반 정비사업의 인식이 점점 높아지고 있는 상황에서 사업의 질도 향상되고 있다.

3. 밭 관개 대상 면적 추정과 개발계획

경사별 밭의 현황을 보면 평지나 다름없는 2%이하의 밭이 전체면적 756.5천ha의 8.9%인 67천ha이고 경사 2~7%인 밭은 29.6%인 223.6천ha로서 기계화 영농 및 시설농업 단지화가 가능토록 종합정비 방식으로의 기반정비 사업이 필요하며 완전한 용수개발이 필요하다고 본다. 7-20%의 경사도 지역인 443.5천ha는 농지이용계획에 따라 선별적인 용수개발이 필요할 것으로 판단되며 계획수립시 지역여건 및 주변환경과의 조화가 이루어 지도록 하여야 할 것이다.

이를 위하여는 밭기반정비 대상지구 선정을 위한 자원조사를 시행하여 중장기 계획을 수립하고 각도별 생산단지 유형별 1~2개소의 시범지구를 선정 시행하고 시행단계의 문제점을 보완 확대시행 하여야 할 것이다.

4. 밭에서의 관개량 산정

밭 기반정비사업에서 잠정적으로 설계에 이용하는 소비수량 및 필요수량은 표-1과와 같다. 이는 앞으로 많은 연구를 통해 재 검토되어야 할 것이다.

표-1. 밭 기반정비사업에서의 소비수량 및 필요수량

단 지 별	최소 면적 (ha)	소비 수량 (mm/일)	필요 수량 (m^3/일)	비 고
화 훼	3	6.0	180	
채 소	5	4.5~6.0	225~300	
과 수	10	3.0	300	

※ 화훼단지는 대부분 시설농업 이므로 습도와 온도조절을 위한 급수시간의 제한이 따름

5. 밭 관개의 주요시설

가. 수원공

밭기반정비사업에서는 기설수원공(저수지, 양수장, 보, 관정 등)을 가능하면 활용하고 수량이 부족하고 수질이 부적절한 경우 신규개발 토록 되어 있다. 그러나, 기설수원공을 이용할 경우 저수지와 양수장의 경우 논과 밭의 관개시기의 불일치, 양수장 규모의 크기등을 고려할 때, 밭기반 정비사업 지구는 대부분 규모가 작고 수질문제 등으로 인하여 실제로 활용하는데는 다소 어려움이 있다. 저수지, 소규모 양수장, 보, 기설관정의 경우는 기설용량이 여유가 있을 때 별도시설(도수로, 소규모

양수장 등)을 계획하여 타당성 여부를 검토해 볼 필요가 있다. 지하수를 이용하는 경우 암반관정의 수중모타펌프를 가동하기 위한 동력원은 22.9kw 3상 4선식 선로(동력선)에서 인입하여야 하며, 단상인 경우는 회전 위상 변환기를 설치 하므로서 가능하나 자동화가 불편하고 고장률이 높다는 단점이 있다.

나. 용수로

밭기반정비 사업지구의 용수로는 관수로로 계획하며 수원공(管井)에서 저수조 까지의 관수로를 송수관로(送水管路)라 하고 저수조(貯水槽)에서 분수공까지의 관로를 급수관로(給水管路)라 한다.

급수관로는 PE관으로 계획하고, 급수관로는 수중모타 펌프와의 연결성을 고려하여 강관류로 계획한다. 또한, 송수관로는 가능한 저수조까지 직선으로 계획하고 급수관로는 가능한 한 도로에 병행하도록 노선을 선정하여 유지관리 및 시공이 편리하도록 계획하고 각 필지별로 급수가 편리하도록 분수공 위치를 결정한다.

다. 저수조

저수조는 관개시 최대용량(Peak용량)을 조절할 수 있고 단전으로 인한 일시적 급수중단을 예방할 수 있으며 양수기의 빈번한 작동(on, off)으로 인한 고장을 방지하는데에 목적이 있으며 다음과 같이 계획한다.

① 적정위치

- 유지관리가 용이한 도로부근
- 가능한 한 자연압으로 단지내 필요압력을 확보할 수 있는 곳.

② 규모결정

저수조 규모는 크면 클수록 좋겠으나 경제성을 고려하여 시설원예의 경우 습도의 조절과 온도에 따라 시간별 급수량의 차이가 있으므로 최대 급수 시간대의 급수량을 충족시킬 수 있어야 하고 최소 2시간 이상의 양수량을 저수할 수 있는 규모가 되어야 하며 노지채소 및 과수단지는 최소 1시간 양수량을 저수할 수 있는 규모를 설치하도록 하고 있다.

③ 저수조의 종류

저수조의 종류는 지형 여건과 사용목적에 따라 선택되어야 하며 다음과 같이 대별 할 수 있다.

- 고가(高架) 저수조 : 사업지구가 평탄하여 자연 급수가 가능한 소요수압을 확보하는 경우와 살수관개를 위한 고수압이 요구되는 경우
- 평저수조 : 사업지구가 경사지로서 지상에 설치하여도 소요 수압을 확보할 수 있는 경우
- 지하형 저수조 : 급경사지나 산간지에서 소요수압을 충분히 확보할 수 있는 경우 수온, 유지관리등의 목적으로 콘리트 구조로 지하매설 하는 경우

6. 밭의 용수원

가. 밭 용수의 필요조건

밭기반정비사업에 공급할 수 있는 용수원으로서는 여러가지가 있을 수 있으나 밭단지의 위치, 사업의 내용, 재배작물의 종류 및 재배기간등을 고려하여 가장 적합한 용수원을 개발·이용하여야 한다.

일반적으로 밭기반정비 사업단지의 위치는 주변의 평야부(논 지역) 보다 10~50m이상 높은 지대이고 국토면적의 70%이상이 산지인 우리나라의 지형특성상 단지 평균규모가 15ha 내외로써 소규모이고, 인근에서 지표수를 개발하는데는 유역면적이 협소하거나 용수원 확보에 거리가 멀어 경제성이 없어 지표수를 이용하는데는 많은 어려움이 있다. 또한 수질에 있어서 과수단지나 채소단지등의 밭지역에 설치되는 점적관수나 스프링클러등의 시설은 세

사나 이물질의 유입이 없어야 관막힘이 없으며, 수막재배 용수에 철분등이 함유되어 있다면, 비닐막등 온실 피복재에 흡착되어 광투과를 방해하므로 이러한 성분이 적어야 하며, 첨단유리온실에서 양액재배시는 EC등이 높아 수질이 불량할 경우는 작물뿌리의 활착저해등을 유발 할 수 있으므로 청정용수이어야 한다. 그리고 관개용수 뿐만 아니라 농산물의 세척이나 가공용수 또는 생활용수로 겸용 활용할 경우는 더더욱 수질이 양호한 청정용수의 공급은 필수조건이다. 따라서 재배작물이 채소, 화훼, 과수등 수분을 많이 함유하는 밭작물에는 오염이 되지 않는 청정용수의 공급은 무공해 농산물생산과 직결된다. 시설농업을 할 경우에는 유휴기가 없이 년중재배를 하기 때문에 동절기에도 기후영향을 덜 받는 적정한 수온의 용수가 요구된다.

이와 같이 밭 용수원의 확보에는 지형적 및 지역적인 제약성 뿐만 아니라 수질이 양호한 청정용수이어야 하고, 일년 내내 끊임없이 적정수온으로 공급되어야 하는 어려운 조건이 있어 지하수를 용수원으로 활용하는 것이 유리한 경우가 많다.

나. 용수원의 지하수 이용

밭작물 재배용수의 필수조건에서 언급하였듯이 대부분의 밭기반정비 사업지구에서는 지하수가 가장 적합한 용수원으로 고려되고 있다. 현재 사용되고 있는 밭기반정비사업의 용수확보 방안은 성장작목 종합시범단지 조성사업('91~'93)시에 고안된 심층지하수 개발·이용방법으로서, 시설채소·화훼·고냉지 채소사업, 첨단기술농업 시범단지 조성사업등에도 이용되고 있는 방법이다. 암반층 상부의 오염된 지표수 유입을 방지하기 위하여 철재케이싱과 그라우팅을 실시하므로서 청정 암반지하수만 양수하여 사용하므로 수질이 양호하며, 깊은 심도의 지하수를 개발하는 관계로 지온 상승율에 의한 10~12℃ 내외의 거의 변함없는 수온을 얻을 수 있다. 또한 지하 함수층은 50~100m는 물론 150~200m 구간에도 보편적으로 형성되어 있어 심층의 지하수를 개발하므로서 2배 이상의 함수층을 통과하여 개발되므로 풍부한 수량을 안정적으로 확보할 수 있다.

'91년도 까지는 지하 100m 이하의 깊은 심도에는 지하수의 부존가능성이 희박하다고 믿어 전기비저항탐사와 극저주파탐사법을 이용 가람심도를 100m이내로 한 천층의 지하수탐사 만을 시행하였으며, 100m까지 굴진하여 지하수가 없으면 개발을 포기하고 다른 위치에서 개발을 시도케 되므로서 실패공이 과다 발생하였다. 그러나 지금 밭기반정비사업의 지하수개발방법은 심층지하수 개발방법으로 각종 물리탐사법을 도입 시행하여 탐사방법을 획기적으로 발전시킴으로써 지하수 오염원인 중 한가지인 폐공의 발생을 줄였다. 또한 폐공처리 대상공은 지하수법에 명시된 방법에 의거해 처리하므로서 폐공에 의한 지하수오염을 완전히 방지하고 있어 미래의 주요 수자원을 선량하게 보존하는데 일익을 기하고 있다.

다. 지하수조사 및 개발과정

지하수는 올바르게 조사·개발한다면 제한되고 열악한 지역에서도 수량, 수질, 수온등 여러 측면에서 매우 양호한 용수를 확보할 수 있다. 그러나 지하수 개발과정에서 폐공등이 많이 발생할 때는 지하수 오염원 원인이 될 뿐만 아니라 공사비의 낭비요인도 될 수 있다. 따라서 현장 수리지질조사 및 분석을 통하여 지하수부존성이 높은 지역에 정밀한 조사를 사전에 우선 실시 후 개발하여야 한다. 따라서 국가에서는 선량한 지하수자원의 개발·보전·관리를 위하여 지하수법 및 국무총리훈령 제304호('94.11.12)를 제정하여 본 규정을 준수 개발토록 하고 있다. 이에 의한 지하수

개발은 수리지질조사(물리탐사등), 시추조사, 착정개발, 지하수개발 이용신고 등의 과정의 순으로 추진하게 되어 있다.

1) 수리지질조사는 조사지역의 지하수 보존가능성과 부존된 지하수의 질 및 대수층 특성 등에 대한 종합적인 조사를 시행하여 개발의 기초자료로 활용하는데 목적이 있으며, 지상에 나타나는 지질학적인 사항을 조사하는 기본조사와 지하의 지질상태를 개략 유추하는 기초조사(물리탐사등)로 구분 시행한다.

2) 시추조사는 수리지질조사 결과 지하수부존 가능성이 가장 높은 지점에 소구경으로 적정심도 까지 굴진한다. 시추조사는 암상, 층서, 층후, 균열의 수직적인 발달상황 및 수량과 수질 등에 대한 직접적이고 명확한 자료를 얻기 위하여 수행하며, 찬공, 물리검층, 간이양수시험 및 현장 간이수질검사의 순서로 이루어 진다. 찬공작업은 본 사업에서는 시추구경은 미고결지층과 풍화암까지 ϕ14″로 굴진하여 ϕ10″ casing을 설치한 후 오염방지 시설을 한다. 오염방지는 그라우팅으로 시공하며, 목적은 우물오염을 방지하고 케이싱파이프를 보호함으로서 물의 내구연한을 연장시키고 투수성 미고결지층과 암반접촉부를 안정시켜 지표오염수의 유입을 방지하기 위하여 시행하며, 외부 casing으로 부터 최소두께 5cm 이상, 깊이는 지표로 부터 암반층접촉부까지 시공한다. 암반층 찬공은 ϕ6″로 하고 계획된 심도까지 하며 지층이나 현지여건에 맞도록 굴진한다. 시추작업시에는 지표로 토출된 암편과 굴진속도 및 진동등에 근거하여 암상, 층서, 층후, 구조선, 파쇄대 및 대수층의 형태 등에 대해 상세히 기록한 지질주상도를 작성한다.

물리검층은 충분한 수량이 확보된 시추조사공에 대하여 시행하며 공내 지층의 변화상태, 파쇄대의 위치 및 크기등을 분석 기록하다. 물리검층이란 시추공 내부에 여러 종류의 물리탐사기를 투입 하강시켜 지질 매체의 수직분포 및 물리, 화학적 성질의 변화를 측정하는 방법이다.

간이양수시험은 시추조사공의 양수량 및 수리적 특성을 파악하기 위하여 시행하며, 이때 충분한 수량이 확인되면 착정개발에 들어간다.

현장 간이수질검사는 시추결과 채수된 지하수의 수질을 현장에서 바로 검사하여 이용목적의 적합여부를 확인하는 과정으로서 수온, 총증발잔유물(TDS), 전기전도도 및 수소이온농도(pH) 등을 현장에서 측정한다.

3) 착정개발은 시추조사, 물리검층, 간이양수시험등의 결과를 분석하여 착정개발을 시행하는데 그 공정은 다음과 같다.

① 확공작업 : ϕ6″의 시추공을 우물자재의 설치 및 수중모타펌프의 설치등이 용이하도록 ϕ10″로 넓히는 작업으로서 대개 지하 100m 내외 심도까지 확공한다.

② 우물자재 설치 : 적정의 심도까지 확공작업이 마무리 되면 공벽보호 및 수중모타 펌프의 보호를 위하여 우물자재를 설치한다. 설치시는 시추조사시 확인된 대수층의 발달부위나 물리검층 결과에 따라 정확히 유, 무공관을 배열·설치하여야 한다. 우물자재는 현지지형여건을 고려하여 공내에 이물질이 유입되지 않도록 지상에서 30cm 이상 돌출되도록 한다. 우물자재 주위에 충진하는 충진자갈은 지하수 유입이 원활하도록 설계내역 대로 설치한다.

③ 우물세척(에어써징) : 우물자재 설치가 완료되면 찬공작업시 생성된 Slime의 침전을 방지하고 기타 이물질의 제거를 위하여 공기압축기를 사용하여 공내세척 작업을 시행한다. Slime등의 이물질은 대수층내에 침투하여 대수층의 유로를 차단시키고 양수시 펌프내로 유입되어 고장을 유발시키는 원인이 되므로 완전히 제거하여 자연상태에 가까운 대수층을 유지케하여 양호한 양수를 할 수 있도록 한다.

④ 양수시험 : 1회 양수시간은 최소 8시간 이상, 안정수위 도달시까지 시행해야 하고, 양수정지후 회복수위를 측정해야 한다. 수위는 지표면을 기준으로 mm단위까지 측정하고 cm 단위로 표기한다. 강하수위 및 회복수위 측정 간격은 가능한 한 최초 10분간은 2분 간격, 30~60분간은 10분 간격, 60~180분간은 20분 간격, 180~양수종료시까지는 30분 간격으로 한다. 양수량은 m^3/日 단위로 측정하며 소수점이하는 절사하고 KS규격의 유량계나 V-Notch에 의함을 원칙으로 한다.

⑤ 수질시험 : 양수시험 종료단계에서 시험목적에 따라 시험용 시료를 구분 채취한다. 수질시험 의뢰기관은 공인기관이나 지하수법에 규정된 수질검사 기관이어야 한다. 시험항목으로는 음료수, 생활, 농업, 공업용수등 시험목적에 따라 구분하여 시행하며 지하수 수질기준은 지하수법 지하수의 수질보전등에 관한 규칙 제5조에 의한다.

⑥ 폐공처리 : 모든 현장 지하수 개발작업이 완료되면 작업과정에서 이루어진 채수량 부족, 수질문제 등으로 사용이 어려운 공에 대한 폐공처리를 하여야 한다. 폐공처리 방법은 관정굴착 깊이까지 불투수성 재료(시멘트 슬러리 등)를 주입하여 다짐하면서 되메움 작업을 한다. 케이싱은 가능한한 인양 제거하고 인양이 안될 경우 경작에 지장이 없도록 지상으로 부터 1m이상 절단하고 토사로 되메운다. 또한 폐기처리되는 관정은 지하수법에 의하여 폐공처리 하고 폐공 관리대장에 기록하여야 한다.

4) 지하수개발·이용 신고는 지하수법 제3조 및 제7조에 의거 지하수를 개발·이용하려는 자는 개발·이용 15일 이전까지 시·도지사에게 신고후 개발·이용토록하여야 한다.(지하수법 제7조 및 영 제6조 및 시행규칙 제3조), 신고서류는 지하수개발·이용위치를 표시한 축적 5만분의 1이상의 지형도와 지하수법 제12조 제1항 및 영 제10조 제1항의 규정에 의한 오염방지시설의 구조를 포함한 지하수개발·이용시설 구조도이다.

라. 관정의 관리

① 관체내에 퇴적물을 제거하여 당초 심도를 유지시켜야 한다.

② 관체보호공은 파손되지 않도록 하여야 한다.

③ 하천변등의 불완전한 위치에 설치된 관정은 유실, 매몰되는 일이 없도록 유의하여 관리하여 한다.

④ 관체에는 반드시 뚜껑을 덮어야 하며, 특히 양수장은 자물쇠장치를 하여 정비 또는 사용시를 제외하고는 반드시 잠가두어야 한다.

⑤ 암반관정의 양수장 건물은 항상 청결상태를 유지토록 하고, 빗물이 유입되지 않도록 배수구등을 정비한다.

⑥ 관정은 비관개기에도 2개월에 1회이상, 매회4시간 이상 양수하고 채수시험을 실시하여 채수량을 확인하며, 생활용수로 사용등 필요시에는 수질검사를 정기적으로 하여야 한다.

7. 결 론

한정된 수자원으로 최대의 생산효과를 달성하려면 수자원의 개발·보전도 중요하지만 관개손실을 최소화하여 개발비용의 절감뿐만 아니라 유지관리 비용을 줄이는 방향으로 추진되어야 할 것이다. 이를 위하여는 밭관개에서 토양수분 소비형을 고려한 간단관개, 윤환관개 및 유지관리 시스템을 개발하여 시행할 수 있는 밭에서의 물관리 방법을 우선 확립해야 한다.

관개 최적 시스템은 용수원(지하수)에서 소요수압 확보를 위한 저수조와 필요시기에 적당량의 소요수량을 공급할 수 있는 이용시설까지 체계적으로 운영관리 하여 최소의 손실과 노력으로 최대의 관개효과를 거둘수 있도

록 기계화 자동화를 전제로한 운영관리 시스템 개발 및 유지관리 지침서를 작성하여 활용되어야 한다고 본다.

밭관개에 관한한 우리나라는 후진성을 면치 못하고 있다. 작물별 소비수량산정에 필요한 작물계수는 외국수치에 의존하고 있으며, 토양별 water-holding-capacity와 위조계수 사이의 토양수분과 관개 interval을 감안한 관개방법 등을 우리나라 기후조건과 토양조건에 알맞도록 개발되어 있지 못하며, 작물별로도 재배시기에 따른 관개필요수량과 관개방법이 적립되어 있지 못하다. 앞으로 이 분야의 많은 연구가 필요하다고 본다.

참 고 문 헌

1. 국무총리훈령 제304호, 1994.
2. 노건길, 1994, 첨단농업시설생산단지조성사업(유리온실)의 추진실적 분석 : 첨단농업시설발전방향 심포지엄 자료집, 농어촌진흥공사, p.113-153
3. 농림수산사업 통합실시요령, 1995, 농림수산부
4. 먹는 물 관리법
5. 밭기반정비사업 기본조사요령(안), 농림수산부
6. 양재만, 1992, 지하수이용의 미래기술 : 지하수심포지엄 자료집, p.33- 84
7. 엄기태, 1991, 밭작물의 물수요량과 관수효과 : 21세기 농어촌지역 용수공급 및 개발·세미나 자료집, 농어촌진흥공사, p. 125-144
8. 이광식, 1990, 농업용수 수질오염이 작물에 미치는 영향, 농공기술 제7권 제2호, p.127-134
10. 지하수법, 지하수의 수질보전등에 관한 규칙 및 업무처리지침
11. Lewis Clark, 1988, The Field Guide to Water Wells and Boreholes, John Wiley & Sons, p.155
12. Roscoe Moss Co., 1990, Handobook of Ground Water Development, John Wiley & Sons, p.493