

KALOGEO™ process

(유동상 기술 적용과 분산형 에너지 이용)

중, 소규모 플랜트에서의
저발열량 연료의 가스화

개요

- 유동상 가스화를 통한 폐기물 처분
 - 슬러지 운반비용 및 처분비용 감소
 - 여분의 열은 지역난방 및 슬러지건조에 사용
- KALOGEO™ process
 - 초저온 건조와 열적 이용의 두 단계로 구성
 - EU 규제에 맞춘 폐가스의 완전한 처리
 - 시공 간단, 낮은 운전비용과 투자비, 높은 신뢰도
- 첫 KALOGEO™ plant
 - Austria(2003년)의 Bad Vöslau 하수슬러지
 - 14,300 t/y(28%DS 4,000 DS t/y)

서론

- 최근 에너지 보호 요구 증가
 - ⇒ 유기성 폐기물 처리 방법의 중대한 변화
 - 농지이용:유해물질로 인해 점차 감소 추세
 - 하수슬러지의 에너지 非이용:非우호적
 - 소각:수송 증가와 비판여론의 환경영향평가 요구로 실현 애로
- KALOGEO™ process의 목표
 - ⇒ 하수슬러지의 분산형 에너지 이용과
결국은 유익한 슬러지 처분 방법의 보장
- 분산형 폐기물 운영의 관점에서 저발열량 연료의 유동상 반응조의 설계, 건설과 운전에 대해 소개한다.

사업 모델-환경 친화 기술

하수처리장을 위한 독점 공정 기술

- 중, 소규모 처리장을 위한 입증된 기술의 새로운 적용
- 산업폐수와 도시 하수슬러지 모두 적용가능
- 매우 많은 잠재 시장을 이용하기 위한 두가지의 marketing 모델
 - Turn key
 - Licensing model



기업 소개

- KALOGEO Anlagenbau 는 2005년 TECON Engineering 의 지분거래 이후 설립
- KALOGEO는 낮은 열원(<10MW)의 공업용 연소 장치에서의 저발열량 연료인 폐기물의 열적 이용에 중점을 두고 있다.
- KALOGEO는 사용 뿐만 아니라 유연한 플랜트 구상을 위해 고객에게 가장 적합한 해결책을 위해 고객의 주문에 의한 최적화된 구성을 제공.

KALOGEO™ process 개략도

건조

“초저온건조”

경제적 이익

- 수분함량 감소
- 슬러지부피 감소

기술적 이익

- “아교상태”의 회피
- 열량 증가로 인한 에너지 개선

열 이용

“유동상 가스화”

경제적 이익

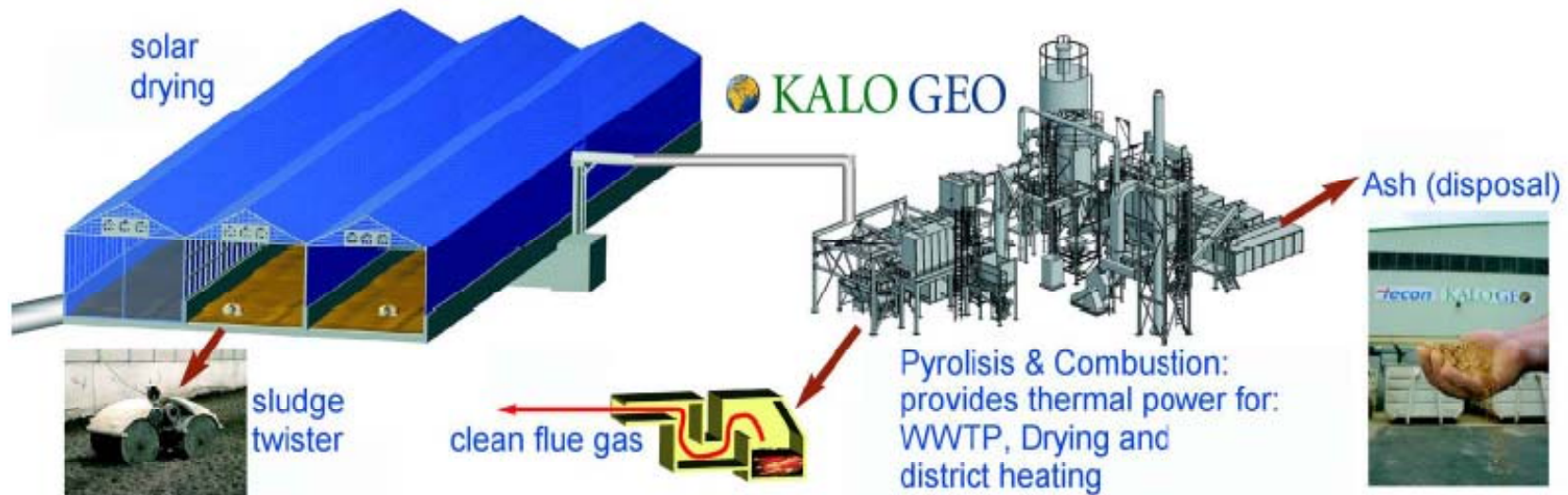
- 부피 감소
- 에너지 이용

기술적 이익

- 합법적인 매립 처분
- 잔여 무기물

에너지 이용

- 800~850℃
- 스팀, 온수
- 전력 발전
- 예열



공정 설명

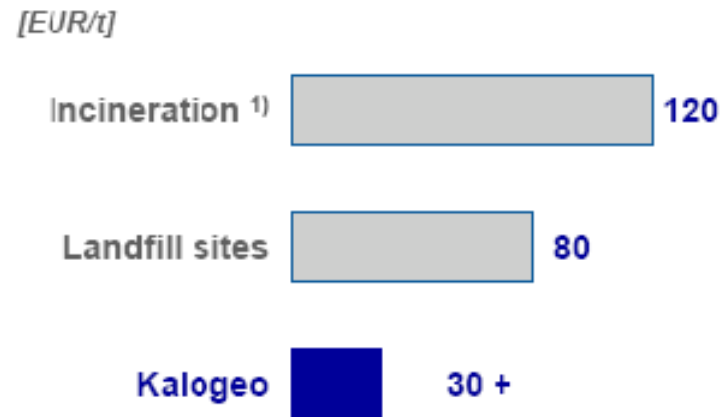
- 오스트리아, 미국, 유럽을 포함 28개국 특허
- 하수슬러지에 초점을 둔 유기성 폐기물의 이른바 초저온 건조와 열이용, 이 두가지의 연속된 순서로 구성
- 첫 번째 단계는 대기중으로 어떠한 유해물질이나 강한 악취 없이 약 35℃의 낮은 온도의 초저온 건조 실현
- 두 번째 단계는 뛰어난 2단 구조로 실현된 열 이용
- 장점은 폐가스의 CO, SO₂ 와 NO_x함량이 낮은 매우 깨끗한 연소
- 마지막 단계는 소석회와 활성탄의 건식 흡착과 세라믹 필터 통과에 의한 폐가스 처리

KALOGEO 결합 공정의 장점

- 독점 기술

- 에너지 최적화와 수송 비용의 감소로 인해 다른 이용 공정과 비교하여 비용 측면에서 매우 뛰어나다.
- 현재의 법규와 미래의 한정된 규제 모두에 일치하여 매우 안전한 공정이다.
- 중, 소규모 처리장을 위한 분산형 하수 처리 운영

- 하수 처리 운영비



- 수송 불필요
- 태양열 에너지 이용
- 환경 친화적
- CO₂ 저감

Continue..

- 소규모의 분산형 공정
- 적은 투자비
- 자동 열 보존 진행, 높은 에너지의 이용성
- 매우 적은 배출량
- 낮은 발열량 연료가 이용 가능하다.
- 높은 공공의 적용성
- 절차에 관한 중요한 인자
 - 수분 함량의 제한 때문에 낮은 건조 물질의 편차는 시스템(일정한 양의 건조물질을 위한)에서부터 제거되어야 하는 물의 양에서 중요한 차이를 의미한다.
 - 연료의 열량 변동에 대한 높은 민감도
 - 연료(예로 돌 등)의 불균질에 대한 높은 민감도
- 일반적으로 KALOGEO공정은 분산형 에너지 설비와 저발열량 연료의 이용을 위한 비용 효과적인 조합으로 제공되고 있다.

저 발열량 연료의 유동상 연소

- 2단계 절차(가스화와 연소)
 - 환경적인 제한은 폐가스 온도를 최소 2초 동안 850°C 이상으로 유지하고 반면에 일정한 잉여 공기를 연소에 공급되어지길 요구
 - CO와 NO_x 둘 다 낮은 배출가스를 달성
- 건조, 액화와 숯 연소 공정의 중요한 중복이 있다. 그래서 세 가지 공정은 병렬로 운전되어 지도록 고려
- 반건조 슬러지는 기계적 탈수 슬러지와 NO_x생산에서 같은 거동
 - 기계적 탈수 슬러지(20-40 wt% d.s.)에서보다 건조 슬러지(> 80 wt% d.s.)에서 NO_x의 발생량이 더 많다.
- 장치의 단순한 설계는 낮은 운전 비용과 높은 운전 안정성을 보장
 - 상의 온도 변동의 결과는 보조연료(예로 천연가스)의 첨가 또는 물의 주입에 의해 상쇄. 유동상에서 내부 열 교환기는 없다.
 - 단계별 연소 공정 때문에 보통 폐가스 재순환에 대한 특징인 저감된 NO_x형태 또한 달성.
 - 폐가스 재순환은 필요하지 않다. 15%이상 재순환된 폐가스의 비율은 연소의 불안정과 높은 CO 배출을 유도한다고 보고

Continue..

- 재는 연소실의 한 지점에서 장치로부터 배출되고 상 충전물의 전체 양은 다소 작다는 사실 때문에 상 충전물의 교체는 간단히 처리
- 덩어리 파쇄기 도입
 - 상에서 나오는 고체 덩어리들을 파쇄하고 파쇄 된 작은 크기의 물질들은 폐가스와 동반 이동하기 위해 유동상으로 다시 유입
 - 이익은 유동상에서의 매우 우수한 유기물질의 소작을 달성할 수 있고, 주로 재는 이차 연소실(850°C, > 2 seconds)과 열 교환기(미립자 전달에 의해 효율이 증가된)를 통과한 후 폐 가스 처리장치에서 퇴적



- 그림 1: 왼편: 적열점에 의한 용재; 오른편: 낮은 유동에 의해 덩어리 된 상의 재

열 이용

- 어떠한 부가 에너지원이 없이 55% DS 함량의 건조 슬러지로 이용 가능
- 유동상
 - 가격 저렴
 - 사고예방 안전장치
 - 단순한 구성
- 열 재생
- 폐가스 정화



폐가스 처리와 배출

- SO₂, HCl, HF와 같은 산성 폐가스 화합물
 - 폐가스 흐름 속에 직접적으로 Ca(OH)₂를 분사하여 화학흡착에 의해 제거
- 중금속(특히 Hg)의 제거에는 활성탄 이용
 - 활성탄에 흡착된 중금속의 최대 0.3%의 중금속 (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)은 방출
- 폐가스와 운반된 모든 고체 입자(재)들
 - 세라믹 필터에 > 99,99%의 효율로 쌓인다
 - 2.6 mg/Nm³이하의 먼지배출을 초래
- 이단 연소 때문에 아래의 폐가스 배출에 도달할 수 있다:
 - CO < 4,9 mg/Nm
 - NO_x < 60 mg/Nm
 - TOC < 7,5 mg/Nm
- Cd 는 검출수준 이하로 배출, 반면 Hg는 높은 휘발성 때문에 대략 70%까지만 퇴적
- SO₂의 배출은 단지 건식 흡착의 이용에도 불구하고 50mg/Nm³이하
 - 하수슬러지 내의 재의 높은 함량과 폐가스 내의 재의 높은 부하의 결과
- Dioxins과 Furans 또한 대부분 검출 수준 이하
 - 최대 측정량은 법적 규제 이하인 0.0004 ngI-TEQ/Nm³

Stack less utilization

- 폐가스 정화
 - 활성화 장치에서의 폐가스 정화
- 이용의 장점
 - 낮은 투자비
 - 낮은 운영비
- 활성화 장치의 장점
 - 열 전달
 - O₂ 주입
 - CO₂ 제거



저 발열량 연료

- 저 발열량 연료의 이용에는 다른 방법들이 있다:
 - 한 가지는 열량(예로 하수슬러지에 천연가스)을 첨가하는 연소와
 - 다른 하나는 공동연소(예로 하수슬러지와 목재)를 위한 고 발열량 연료의 첨가
- 기대된 해결책은 수분을 제거함으로써 그 자체의 발열량 증가에 의해 저 발열량 연료의 자동 열적 소각을 보증하도록 전환 하는 것이고, 반면에 총 공정의 단순함은 유지하는 것이다.

Continue..

연료 선택:

- 공공 하수슬러지는 많은 양을 이용할 수 있고 하수슬러지 처분이 점점 더 비싸질 것이라는 배경으로 매우 가치 있기 때문에 가장 적합한 연료로 선택
- 이미 대규모의 발전 시설에서 이용하고 있는 목재 파편 등과 같은 전형적인 바이오매스 연료들과는 반대로 하수슬러지는 매우 저렴한 가격에 많은 양을 이용할 수 있다.

Continue..

건조:

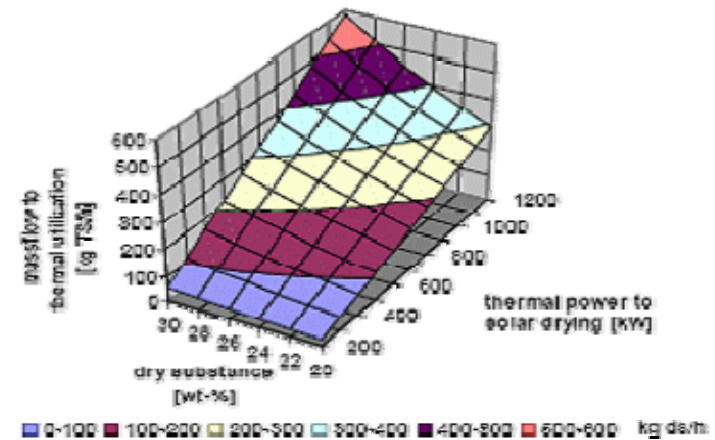
- 악취발생을 최소화하는 호기성 상태에서 수행하는 초저온 건조단계에서 실현
- 태양열 건조실은 방열기(폐가스의 열 회수로부터의 열을 이용)와 결합된 공기 환기 시스템이 설치
- 자동 슬러지 교반 장치는 슬러지를 항상 호기성 상태로 유지하도록 보장
- 겨울에 어는 것으로부터 건조실을 보호하기 위한 겨우 약 200KW의 열 유입으로 슬러지의 건조를 책임.
- 다른 건조 물질 함량의 어떠한 슬러지 유입율의 건조를 위한 열량의 필요양은 그림 4에 나타나 있다.



그림 2. 태양 건조실



그림 3. 슬러지 혼합과 교반장치

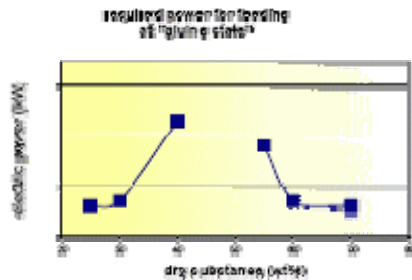


- 그림 2. 태양 건조실 그림 3. 슬러지 혼합과 교반장치

Continue..

건조 슬러지 운반:

- 하수슬러지는 매우 점성이 높고 운반과 다루기가 매우 힘든 소위 아교 상태로 들어가는 경향을 가짐.
- 32~45%의 건조 물질 사이의 어떤 상태 하에서 발생하는 생물학적 분해 공정이 원인
- 운반을 위한 주요 에너지 투입은 슬러지의 압축으로 전환되어 그 결과 슬러지의 운반을 위해서는 매우 높은 동력이 요구되기 때문에 스크루 운반 장치에 의한 슬러지 운반은 거의 불가능
- 40-45%의 건조 물질 함량은 자동 열 소각을 위해 적합하지만 가스화 장치와 연소실로의 운반에 적합하도록 보장하는 더 높은 건조 물질 함량까지 슬러지를 건조하는 것은 중요



- 그림 5. 아교상태에서 운반을 위한 유입 동력의 증가 운반 장치에 의해 압축된 슬러지의 사진

Continue..

건조 기간:

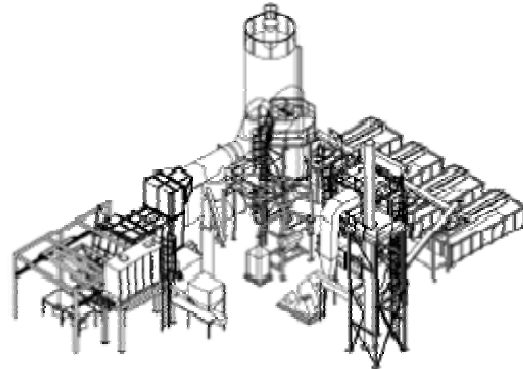
- 하수슬러지의 안정된 자동 열 소각은 약 45%의 건조 물질 함량과 같은 약 4 MJ/kg 그리고 그 이상의 열량으로부터 달성
- 건조 단계 후에 슬러지의 다루기가 적합하도록 아교 상태는 피하는 것이 필요하고, 그래서 슬러지는 항상 45%보다 약간 더 건조된다.
- 높은 건조 물질 함량은 낮은 열에너지의 소규모의 유동상에는 유익하지 못하다.

Dry substance content (%)	Heating value (MJ/kg)	Heating value (MJ/kg d.s.)
25,1	1,33	12,6
26,7	1,45	12,1
28,7	1,69	12,0
33,5	2,34*	n.d.
42,7	3,59*	n.d.
49,3	4,49	11,6
58,8	5,94*	n.d.
71,9	7,94*	n.d.
76,2	8,62	12,1

- 표 1: 건조 물질에 따른 vs. 태양열 건조 슬러지의 저위발열량

오스트리아 Bad Vöslau의 관련 plant:

- 초기 KALOGEO 플랜트는 2003년 오스트리아의 Bad Vöslau의 도시 하수 처리장(슬러지 14,3000톤/년, DS 28%)에 건설
- 3,200m² 면적의 태양열 건조 시설, 슬러지 교반 및 회전 장치와 유동상 플랜트가 설치
- 회수된 열은 태양열 건조실에 이용되고 여름에는 증가된 태양열 방사 때문에 건조실의 에너지 필요량이 낮아져 지역난방 네트워크에 판매
- 약 450만 Euro의 총 투자비로 총 사업 기간은 12개월
- 가스화와 연소 장치의 크기 높이=15m, 폭=20m, 재 처분용 컨테이너까지의 길이=16m



- 그림 6: Bad Vöslau의 KALOGEO 열 이용 시설의 개략도

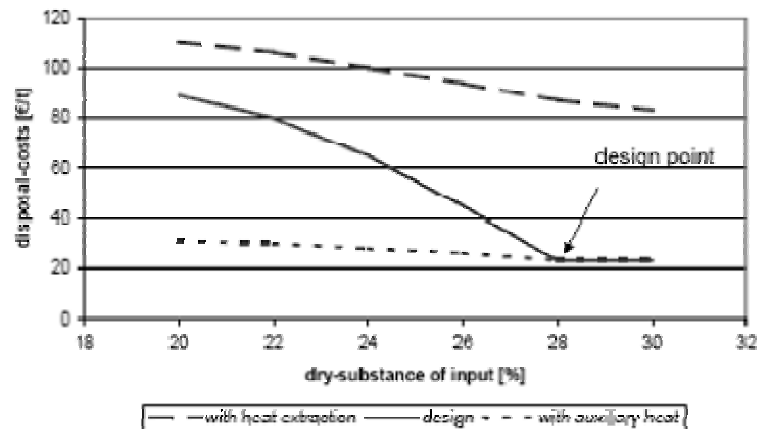
시스템 개선:

- **유동상에서의 덩어리들의 형성:**
 - 횡단면적의 감소와 덩어리 파쇄기의 도입
- **Ca(OH)₂ 주입의 개조:**
 - 슬러지의 폴리머 첨가로 황은 주로 제2철염으로 결합
 - 분자는 열이용 단계에서 분열되고 황이 SO₂로 방출
 - 하수슬러지내의 황 함유량 변동 범위는 0.3~2.0%
 - 그러나 SO₂의 방출은 Ca(OH)₂ 주입구의 변화에 의해 감소될 수 있다.
- **식히기:**
 - 원래 Dioxins 과 Furans의 형성을 방지하기 위한 안전장치로서 내장
 - dioxin 배출량이 법적 한계의 약 1/1000이기 때문에 식힘은 필요없다.
 - 그래서 이차 열 교환기는 식힘 대신에 폐가스로부터 더 많은 열을 회수하기 위해 설치될 수 있었다.
- **슬러지 운반: 하수슬러지는 소위 아교 상태를 가진다.**
 - 슬러지 함량의 변동 때문에 열이용 플랜트의 낮은 열에너지에 비해 너무 높은 건조 물질 함량인 슬러지의 과잉 건조 없이는 완전히 아교 상태를 피할 수는 없다.
 - 따라서 필요하다면 아교 상태를 대처하기 위한 운반 시스템의 개선에 많은 노력이 진행 되어져 왔다.

Continue..

- 가격 효율:

- KALOGEO 공정의 하수슬러지 처분 비용은 총 투자비, 변동운전비와 감가상각으로부터 계산
- 이 값은 유입 슬러지의 건조 물질 함량과 시스템으로의 차후 열 투입에 달려 있고 그림 7에 나타나 있다.



- 그림 7: 상세 처분 비용 vs. 유입 슬러지의 건조 물질 함량(설계 지점, 추가 열 투입의 운전, 열 추출의 운전)