



LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
WORLD-CLASS RESEARCH AND EDUCATION



Waste to Mine: From Pollution Source to Georesource

Bernhard Dold

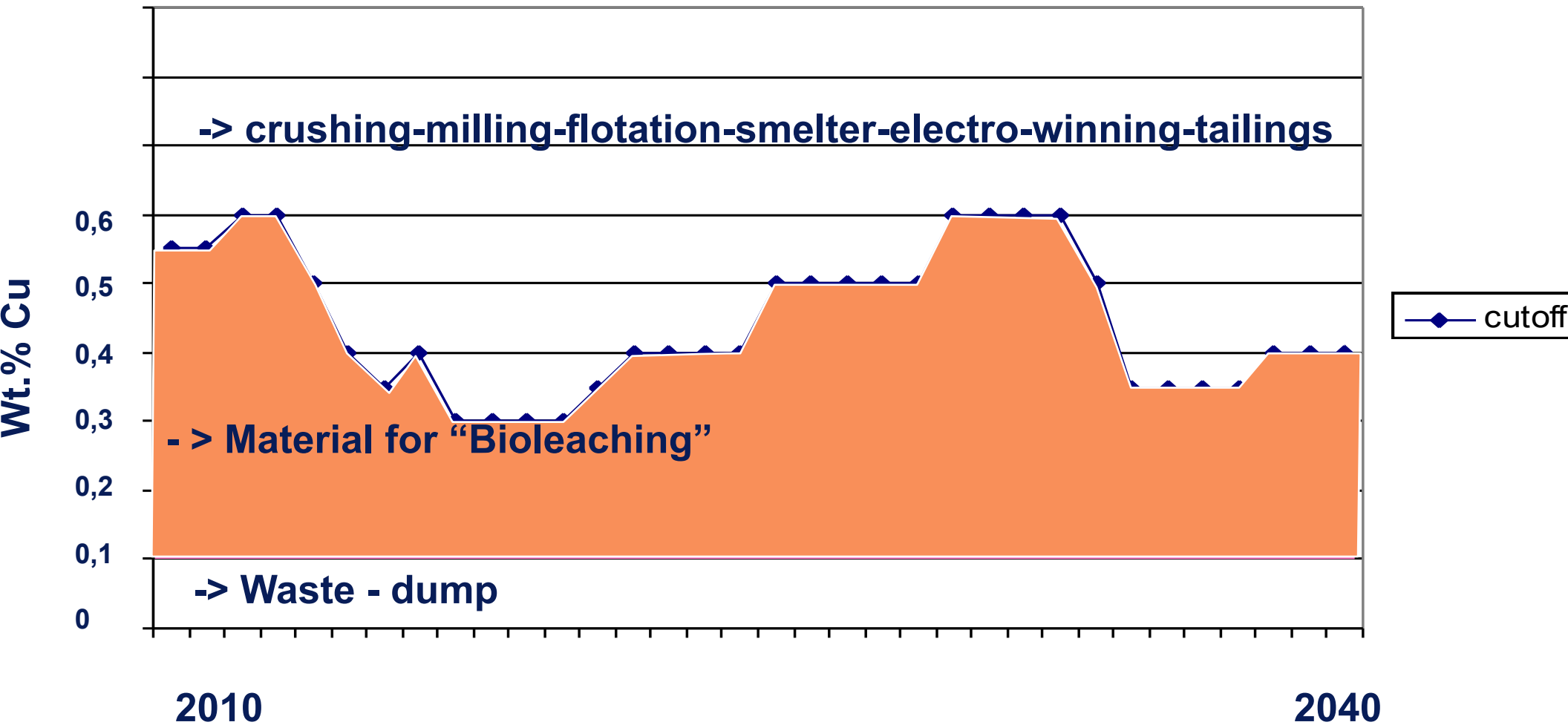
Division of Geosciences and Environmental Engineering, Luleå Technical
University, Luleå, Sweden, Bernhard.Dold@ltu.se

Sustainable Mining Research & Consultancy (SUMIRCO)

E-mail: bdold@sumirco.com

www.sumirco.com

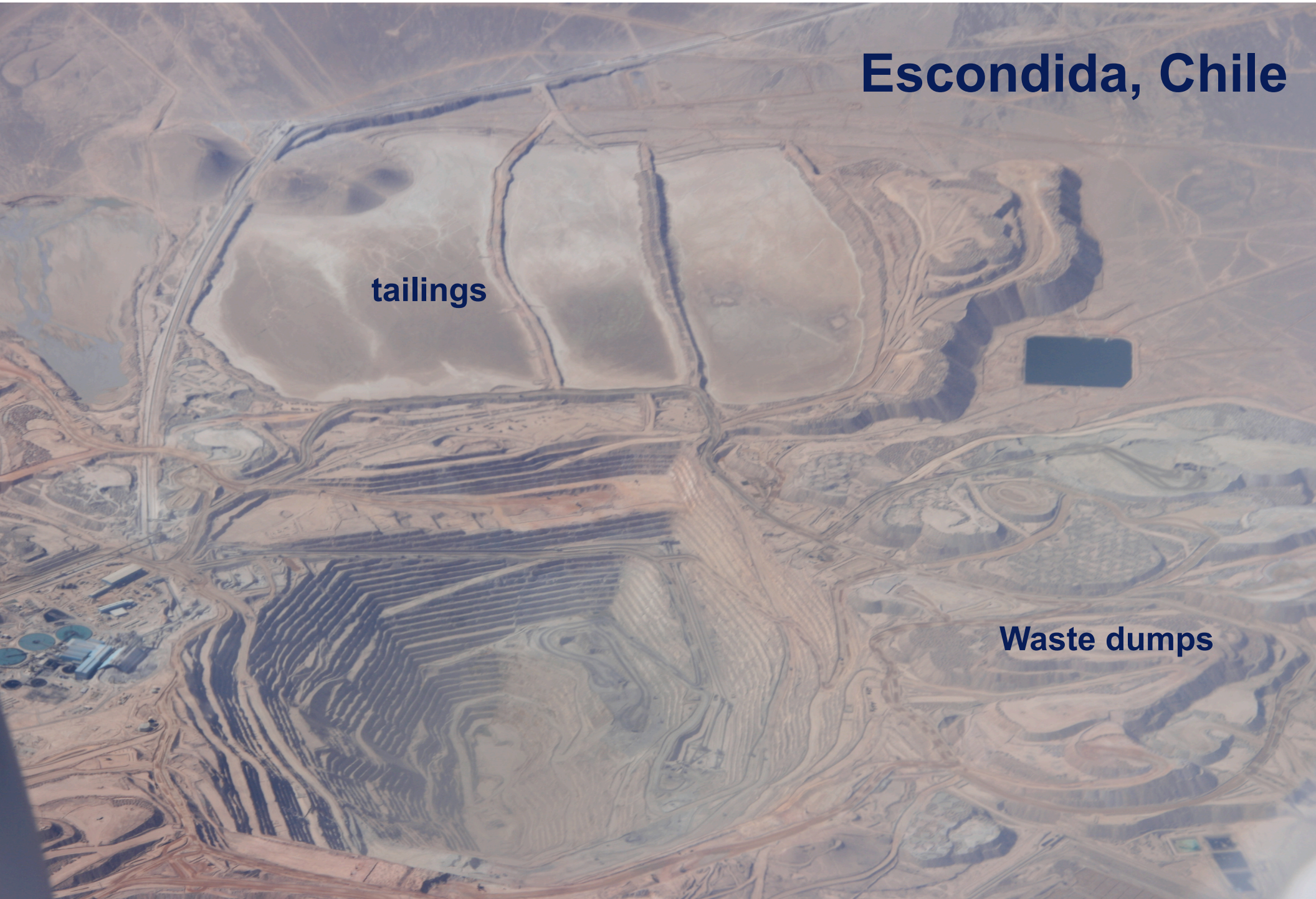
Cutoff ore grade



Escondida, Chile

tailings

Waste dumps



SPCC, Peru

“Biomining” operation



ENAMI Plant El Salado, Chile

Waste dumps ~0.6 wt.% Cu

Acid leaching of Cu-oxide ores





Acid Mine Drainage (AMD)
Acid Rock Drainage (ARD)
Acid Drainage (AD)
**Neutral Mine Waters
(NMW)**



Personal de aduanas del aeropuerto de Juliaca detuvo a un pasajero con 16 kilos de oro ocultos en su equipaje.



Alumnos de la Universidad Alas Peruanas denunciaron que la policía los confundió con narcotraficantes.



La minera Volcan informó que comuneros de Huayllay bloquearon los accesos al campamento Chungar.



La Marina alertó sobre oleajes de ligera a mediana intensidad en el litoral centro y sur para los días 27 y 28.



Más de 500 pobladores recibirán capacitación en cursos técnicos gracias al programa Creer.

La eterna pugna por el agua

La defensoría revela que casi la tercera parte de los conflictos sociales registrados en el país entre el 2011 y 2014 fueron por el recurso hídrico.

De 539 conflictos registrados en los últimos años, 153 tuvieron como origen el temor por la calidad y afectación de fuentes de agua. La presencia de pasivos ambientales mineros origina varias de las disputas. La labor del Ejecutivo ha sido ineficiente.

JULIO TALLEDO VILELA

Un análisis de los conflictos sociales registrados por la Defensoría del Pueblo entre enero del 2011 y diciembre de 2014 revela que 153 de un total de 539 controversias, es decir el 28,36%, guarda relación con el manejo de los recursos hídricos. La Oficina de Diálogo y Sostenibilidad de la Presidencia del Consejo de Ministros solo intervino en 29 casos.

La mayor cantidad de conflictos sociales vinculados al agua se ubica en Áncash (20) y Lima (13); le siguen Cajamarca, Cusco y Puno (12), Loreto (11), Apurímac, Ayacucho y Junín (8). El estudio determina que estas regiones son también las que tienen mayor número de pasivos ambientales mineros.

El adjunto para la Prevención de Conflictos Sociales y la



DISPUTA. Las lagunas involucradas en el proyecto minero Conga, en Cajamarca, son un claro ejemplo de un conflicto social que tiene como base la disposición del recurso hídrico.

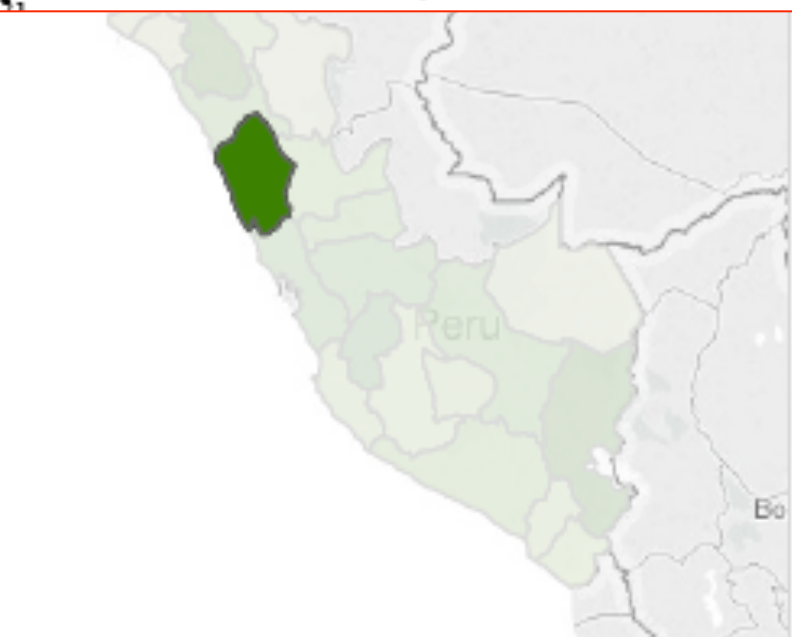
ROLLY REYNA / ARCHIVO

PAM por región

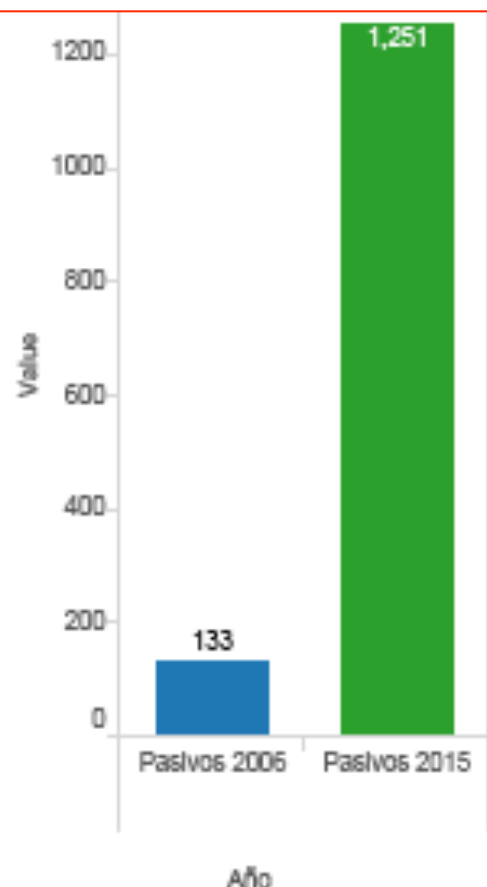


PASIVOS AMBIENTALES MINEROS

³⁰. Un primer estimado de los costos de la remediación de los pasivos identificados en aproximadamente 700 zonas del país asciende a US\$ 200, 000 millones de dólares.

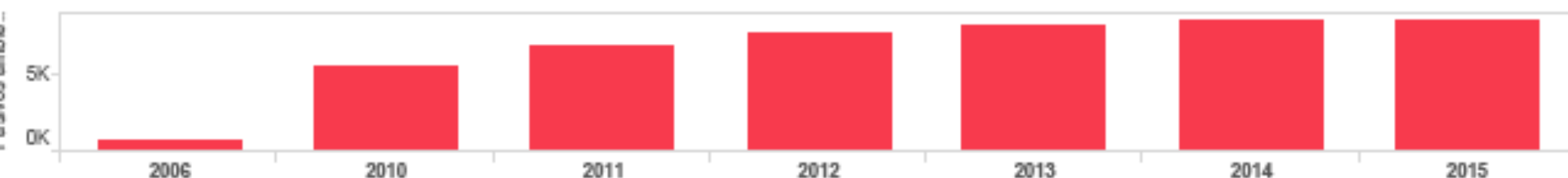


Pasivos ambientales mineros 2015



- * 8.616 pasivos ambientales mineros (PAM) en 21 regiones del Perú
- * 1.735 PAM de alto riesgo
- * 2.546 PAM de muy alto riesgo
- * Total: 4.281 PAM de alto y muy alto riesgo

Evolución del número de PAM por años





SERNAGEOMIN
Ministerio de Minería

Gobierno de Chile

Faenas Mineras Abandonadas y Pasivos Ambientales Mineros

- Al cese de la operaciones, y debido a la **falta de regulación en el tema**, se

Direcciones Regionales Sernageomin.	Tranques Activos	Tranques No Activos	Total
Direc. Regional Arica y Parinacota	0,0	0,0	0,0
Direc. Regional Tarapacá	1,0	0,0	1,0
Direc. Regional Antofagasta	13,0	8,0	21,0
Direc. Regional Atacama	45,0	72,0	117,0
Direc. Regional Coquimbo	39,0	166,0	205,0
Direc. Regional Zona Central	24,0	75,0	99,0
Direc. Regional Zona Sur	3,0	3,0	6,0
Total Nacional	125,0	324,0	449,0





CATASTRO DE DEPOSITOS DE RELAVES, DIRECCION REGIONAL DE ANTOFAGASTA
SERVICIO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA

NOMBRE			TIPO DE DEPOSITO	COMUNA	UBICACIÓN (m)			PASTA DE ORIGEN	RESOLUCION DE APROBACION		SITUACION ACTUAL
LA EMPRESA	LA FAENA	EL DEPOSITO			UTM NORTE	UTM ESTE	COTA		Nº	FECHA	
Xstrata Copper Chile SA Altonorte	Altonorte	Altonorte	Embalse	Antofagasta	7.366.300	362.000	561	Cu	1811	09-10-2000	Activo
Min. Escondida Ltda	Fase IV	Laguna Seca	Embalse	Antofagasta	7.315.800	492.500	3.200	Cu	800	14-06-1999	Activo
Min. Escondida Ltda	Escondida	Hamburgo	Tranque	Antofagasta	7.310.900	491.000	3.100	Cu	84	32526	Activo
Min. Escondida Ltda	Coloso	Cerro Jarón	Embalse	Antofagasta	7.359.056	351.814	611	Cu	281	19-04-1994	No Activo
Cía Minera Zaldivar	Zaldivar	Fase I	Tranque	Antofagasta	7.326.100	497.000	3.100	Cu	615	09-09-1994	Activo
Cía Minera Zaldivar	Zaldivar	Fase II	Tranque	Antofagasta	7.326.500	495.900	3.061	Cu	1973	12-08-2002	Activo
Cía Minera Zaldivar	Zaldivar	Fase III	Embalse	Antofagasta	7.327.287	496.068	3.090	Cu	151	18-01-2006	Activo
Cía Meridian Ltda	El Peñón	El Peñón	Filtrado	Antofagasta	7.300.260	450.803	1.900	Au	918	30-11-1998	Activo
Anglo American Div. Norte	Mantos Blancos	Emablos	Filtrado	Antofagasta	7.407.560	392.020	860	Cu	2991	30-12-2002	Activo
Cía Min. Nova Ventura	Planta Sto. Domingo	Tranque Nº 1	Tranque	Taltal	7.222.890	348.730	5	Cu	316	25-03-1996	No Activo
Cía Min. Nova Ventura	Planta Sto. Domingo	Tranque Nº 2	Tranque	Taltal	7.223.500	349.500	17	Cu	3834	19-12-2003	No Activo
Cía Minera Las Cenizas S.A.	Planta Las Luces	Las Luces 2	Tranque	Taltal	7.160.793	340.975	180	Cu	2921	01-08-2003	Activo
Cía Minera Las Cenizas S.A.	Planta Las Luces	Las Luces 1	Tranque	Taltal	7.161.200	340.600	152	Cu	16	34708	No Activo
Compañía Minera Soledad	Planta Soledad	Soledad I	Tranque	Taltal	7.223.075	444.750	2.750	Au	1602	31-12-1992	No Activo
Compañía Minera Soledad	Planta Soledad	Soledad II	Embalse	Taltal	7.222.798	444.714	2.750	Cu	2967	30-12-2002	No Activo
C.M.Cerro Dominador	Cerro Dominador	Tranque 1	Embalse	Sierra Gorda	7.478.100	459.856	1.705	Cu	1081	32822	Activo
C.M.Cerro Dominador	Cerro Dominador	Tranque 2	Embalse	Sierra Gorda	7.477.800	459.750	1.678	Cu	33	35075	Activo
C.M.Cerro Dominador	Planta Callejas Zamora	Tranque 3	Embalse	Sierra Gorda	7.477.400	459.500	1.680	Cu	968	38456	Activo
Cía Minera Esperanza	Proyecto Esperanza	Proy. Esperanza	Relaves Espesados	Sierra Gorda	7.458.000	487.500	2.416	Cu-Au	369	12-03-2009	En Construcción
Codelco Norte	Chuquicamata	Talabre	Tranque	Calama	7.526.000	522.500	2.429	Cu	72	16-01-1987	Activo
Enami TalTal	J.A.M.	TJM 2	Tranque	Calama	7.191.742	353.673	15	Cu	1161	29-09-1992	No Activo
Minera Michilla S.A.	Michilla	Michilla	Tranque	Mejillones	7.484.500	367.500	5	Cu	655	34607	No Activo

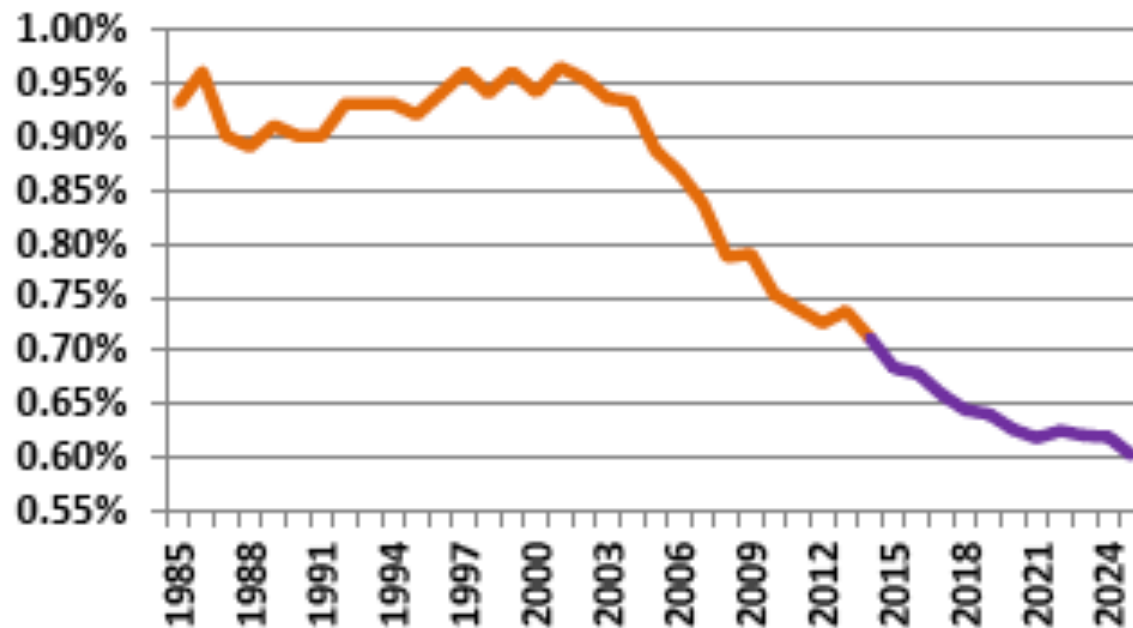
Resumen

Depósitos Activos 13

Depósitos No Activos 8

Ore Grade Evolution

✓ Steep declining average industry ore grade



Cu e.g. Chuquibambilla >2 wt.% in oxides to 0.7 wt.% in sulfides today some mines exploit 0.25 to 0.4 wt.% Cu

Au 1-10g/t now down to 0.2 g/t Au

Recoveries

**Cu flotation today ~80-90% 50a ago
~50-80%**

**=> Modern tailings = ~0.1 wt.% Cu and
old tailings from porphyry coppers ~0.3
wt.%**

Cu “biomining” ~5-40%

Au Small scale (Hg) ~30-50%

Fe magnetic separation ~95%

Table 1: Average concentrations of metals in the earth crust with the average concentrations exploited by mining and the enrichment factors. Some concentrations of element still present in mine tailings are shown to highlight the still strong enrichment of these elements in the waste material. Modified after (Evans, 1993).

Metal	Ø Crust (%)	Ø by mineral exploitation (%)	Enrichment Factor	Ø In mine tailings	Enrichment Factor tailings
Cu	0.005	0.4	80	0.1 – 0.3	20 - 60
Ni	0.007	0.5	71	0.2	28.4
Zn	0.007	4	571	2 – 4	275 - 571
Mn	0.09	35	389		
Sb	0.0002	0.5	2500		
Cr	0.01	30	3000		
Pb	0.001	4	4000	1 - 2	1000- 2000
Au	0.0000004	0.0001	250		

(Dold.2008: RESB)

Mine Waste Data Base

Name, localization	Size	Ore Type	Extract ion Process	Waste type	Ore grade	REE, Li, U	Trace Element association	Age, Ref. etc.
Chañaral, Chile	220 Mt	Porphyry Cu-Mo	flotation	tailings	0.3 Cu Cp<cc- cv ~2 % py	-	Sequential Extraction data Available, complete feasibility study	1937 -1975 Dold, 2006; Bea et al. 2010, Korehi et al. 2013
Excelsior, Cerro de Pasco, Peru	26.400. 000 m ³ , 94 ha	Pb-Zn- Cu-Ag-Bi Polymeta lic	ROM	Waste dump	0.1 Cu 1.1 Zn 1.2 Pb Cp, sl, gl ~60% py	-	Strong enrichment in secondary phases	1943 -2000 Smuda et al. 2007.

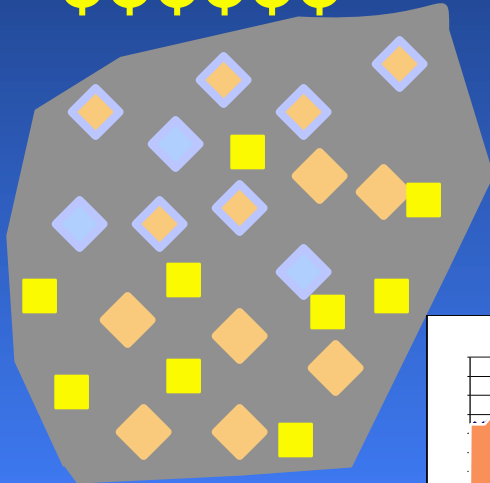
Data Base will produce

- Demand for characterization, including strategic raw material (e.g. REE's, Li, U)**
- Demand for development of new extraction technology (e.g. portable small scale extraction plants)**
- Demand for development of new products from waste material**

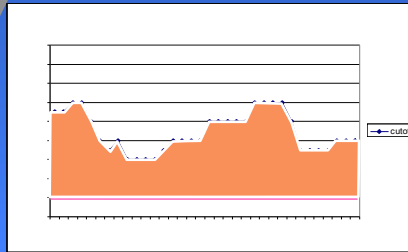
=> joint venture between state agencies, universities and industry.

Cut-off decision making

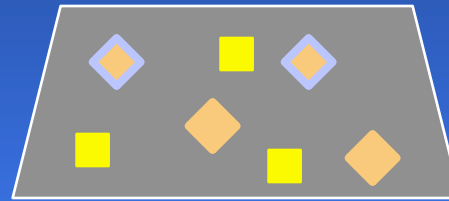
\$\$\$\$\$\$



Ore
1 wt.% Cu

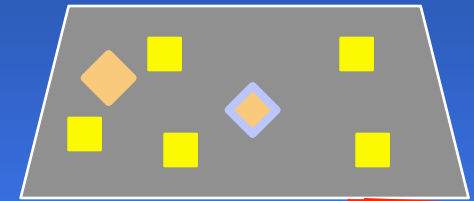


"Bioleaching"
0.1-0.4 wt.% Cu



Low recovery 5-40%
=> - \$

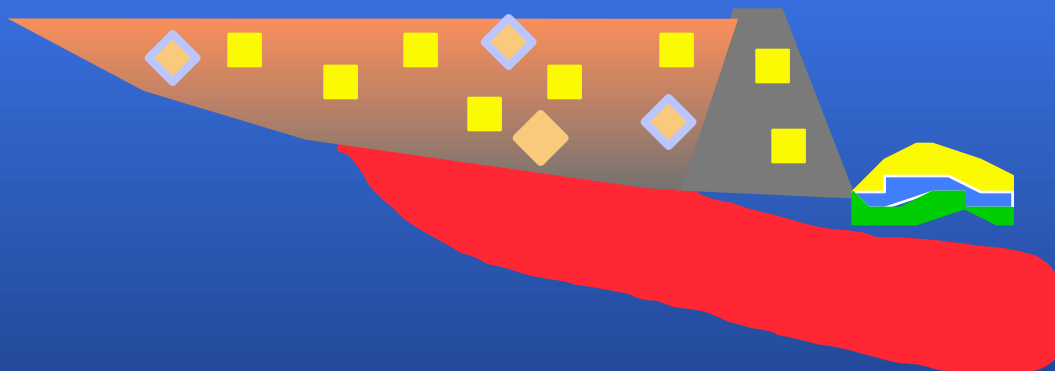
Waste-Dump
< 0.1wt.% Cu



AMD
=> - \$

tailings
0.1-0.3 wt.% Cu + 2 wt.% pyrite

\$\$\$\$\$



AMD plume

AMD
=> - \$

\$\$\$

◆ Chalcopyrite

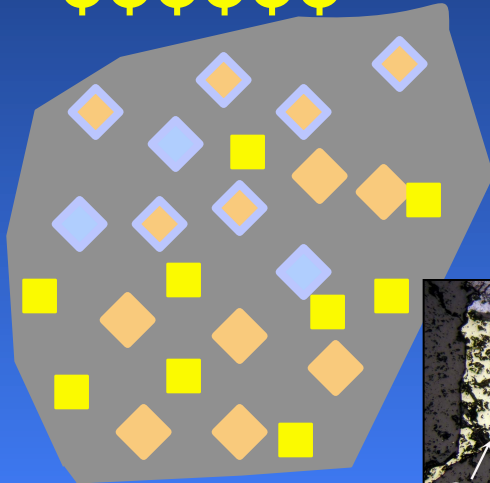
◆ Chalcopyrite + covellite

◆ Covellite

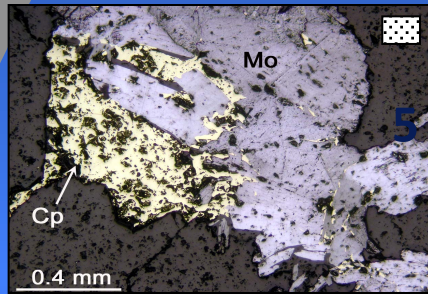
■ Pyrite

Mineral decision making

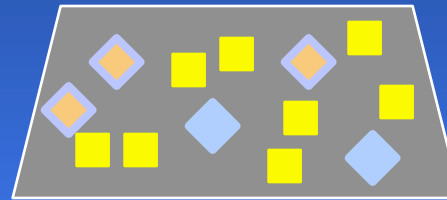
\$\$\$\$\$\$



Ore
1 wt.% Cu



Bioleaching
only leachable minerals and
Increased T by pyrite addition
+ smart dump design



increased recovery
=> + \$

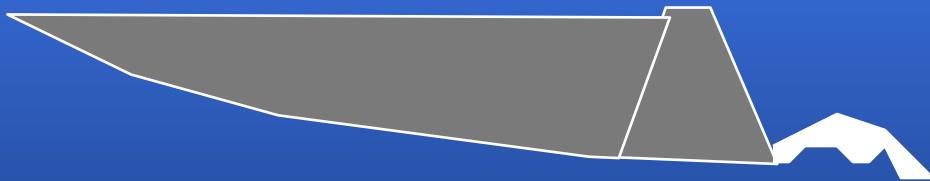
\$\$\$\$\$

Waste-Dump
non reactive minerals
(e.g sulfides)



No AMD

Desulfurized tailings



No AMD

\$\$\$\$\$\$\$\$

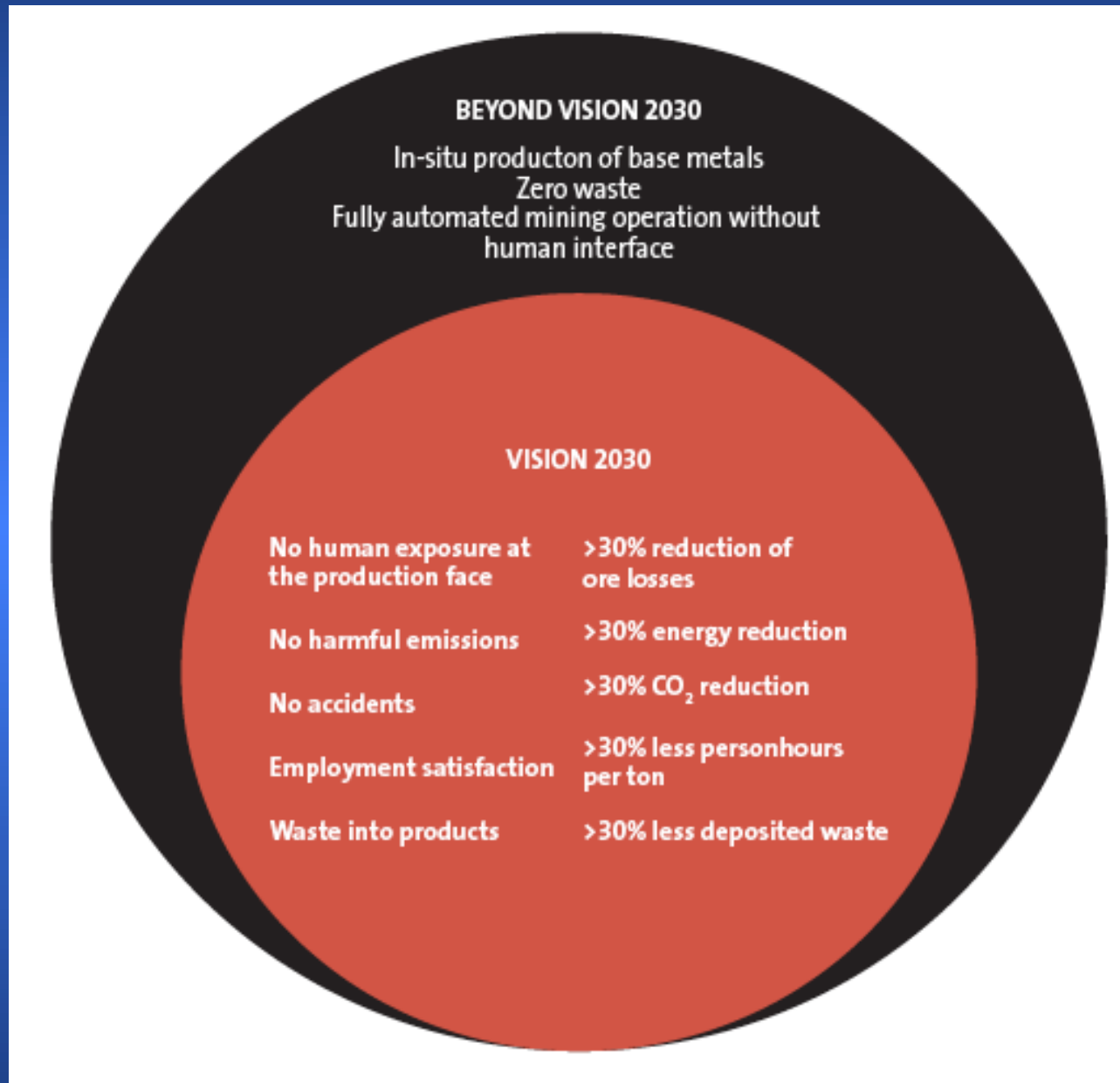
◆ Chalcopyrite

◆ Chalcopyrite + covellite

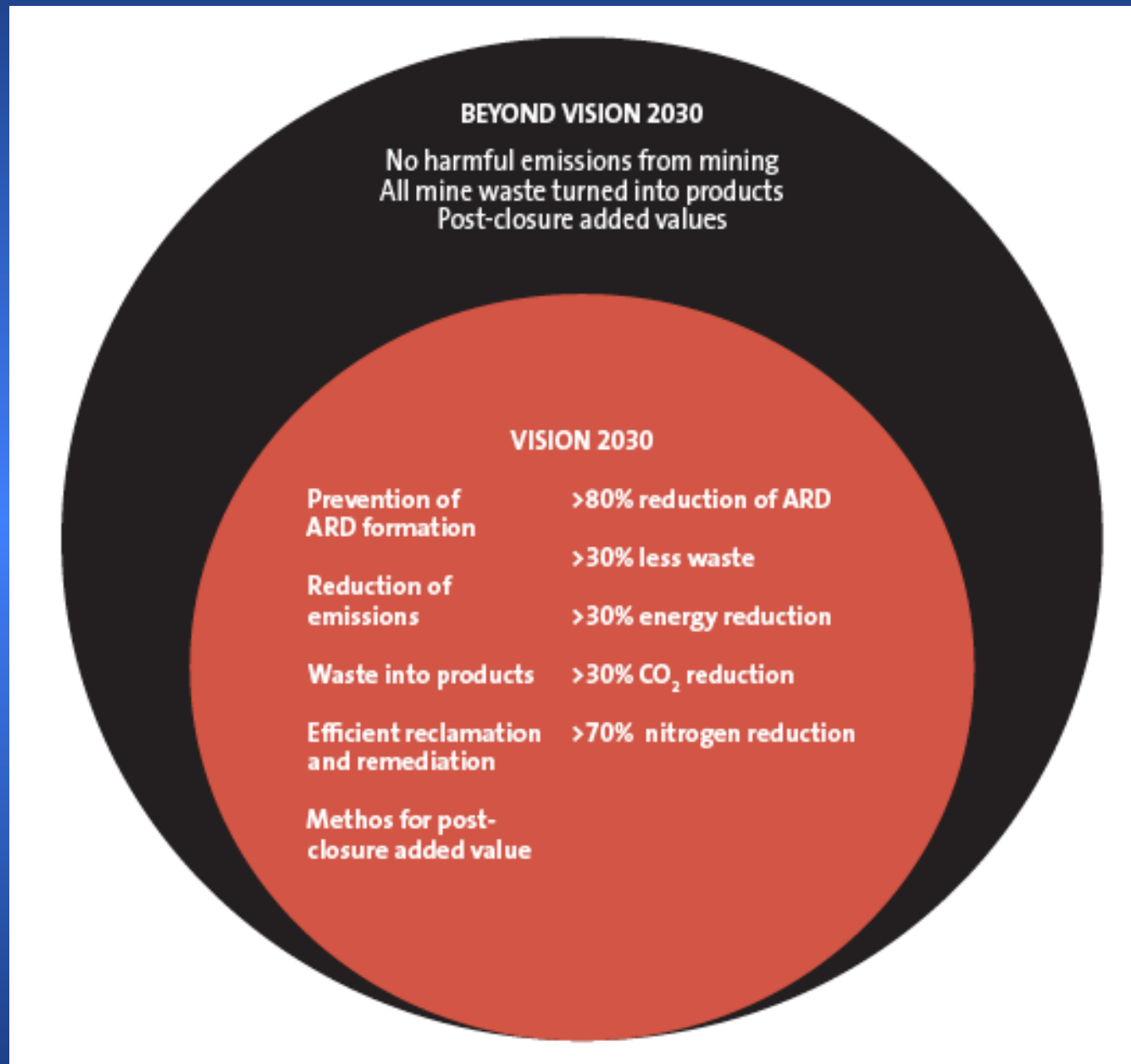
◆ Covellite

■ Pyrite

Key Performance Indicators for Mining



Key Performance Indicators for Reclamation and Environmental performance





LULEÅ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
WORLD-CLASS RESEARCH AND EDUCATION



Bernhard.Dold@ltu.se

www.sumirco.com

Thank you!